البيئة المائية

الأستاذ الدكتور
حسين علي السعدي

اليازوري
www.yazori.com

بسم الله الرحمن الرحيم

{ **و جعلنا من الماء كل شيء حي** }

صدق الله العظيم

مقدمة المؤلف

أحمد الله الذي مكنني من تقديم هذا الجهد العلمي في تأليف كتاب " البيئة المائية " الذي جاء حصيلة للخبرة المتراكمة لأكثر من ثلاث عقود في البحث و التأليف.

تزايد الاهتمام في موضوع البيئة عالمياً خلال الثلث الأخير من القرن الماضي لما له أهمية في حياة الإنسان وما يحيط به من الكائنات الحية من خلال عقد العديد من المؤتمرات العالمية و الإقليمية التي يشارك فيها معظم دول العالم، فضلاً عن نشر البحوث و تأليف العديد من الكتب. إلا أن موضوع البيئة المائية لم يحضى بالاهتمام الكافي خاصة في الوطن العربي التي تفتقر له المكتبة العربية. لذا تم تأليف هذا الكتاب إغناءً للمكتبة العربية، مما يعطي قاعدة علمية واسعة تكون عوناً للباحث و الأستاذ و الطالب في مجال البيئة المائية وخاصة أن الوطن العربي غنياً بالمسطحات المائية من أنهار و بحيرات و بحار.

يضم الكتاب أربعة فصول أولها المدخل و يشمل أهمية البيئة المائية و صفات المياه و استخداماتها و ثانياً المناطق البيئية و يشمل بيئة المياه العذبة و بيئة مصبات الأنهار و البيئة البحرية مع صفات وأنواع الأحياء المائية لكل منها، و ثالثها العوامل البيئية و يشمل العوامل اللاأحيائية و الأحيائية و الفصل الأخير عن تلوث المياه و يشمل مصادر المياه و ملوثات المناطق البيئية المختلفة و الأدلة البيولوجية للتلوث و المعالجات المقترحة. كما يضم الكتاب قائمة بالمصادر المعتمدة والحديثة العربية و الأجنبية.

أود أن أشكر مركز الحاسبات في الجامعة المستنصرية على الجهود الفنية لاخراج الكتاب بالصيغة الحالية. والشكر يمتد إلي الأستاذ الدكتور رياض حامد الدباغ على توفير بعض المصادر العلمية.

أأمل أن أكون قد وفقت في هذا العمل خدمة لحركة التقدم العلمي في وطننا العربي. و سأكون ممتناً للآراء والأفكار التي تصلني بعد الاطلاع على محتويات هذا الكتاب من قبل المختصين لأخذها في نظر الاعتبار في الطبعات اللاحقة.

والله ولي التوفيق

المؤلف

شباط 2005

المحتويات

مقدمة المؤلف	I
الفصل الأول : المدخل	1
مقدمة	4
تعريف	8
أهمية البيئة المائية	11
النظام البيئي Ecosystem	15
مكونات النظام البيئي Components of the Ecosystem	17
السلاسل والشبكة الغذائية Food Chains and Web	18
الكفاءة البيئية Ecological efficiency	25
الدورة الهايدرولوجية Hydrological cycle	26
الصفات الفيزياوية والكيمياوية للماء :	33
أولاً: الصفات والخواص الفيزياوية	33
ثانياً : الصفات والخواص الكيمياوية	42
استخدامات المياه	49
1- استخدام المياه في الزراعة والري :	50
2. استخدام المياه في الصناعة	51
الفصل الثاني: المناطق البيئية	55
مقدمة	59
أولاً: بيئة المياه العذبة	59
1. المياه الساكنة Lentic waters	60
البحيرات Lakes	60
تصنيف البحيرات	61
1. البحيرات الفقيرة التغذية Oligotrophic lakes	61
2. البحيرات المتوسطة التغذية Mesotrophic lakes	63
3. البحيرات ناقصة التغذية Dystrophic lakes	63
التنضيد الحراري Thermal stratification	64

2. المياه الجارية Lotic waters	66
الأنهار Rivers	66
أنواع الأنهار	67
العوامل البيئية المحددة	67
ثانيا: بيئة مصبات الأنهار Estuary environment	72
أ. مصبات الانهار ذات الامتزاج الجيد :	74
صفات المصبات :	76
الصفات الكيمياوية	76
الخواص الفيزياوية	79
استجابة الأحياء لتغيرات العوامل البيئية	82
التأقلم :	82
ثالثا : البيئة البحرية	87
مناطق البيئة البحرية	89
الكائنات الحية	91
الكائنات الحية	94
الكائنات الحية	103
أولا : الكائنات التي تعيش على القاع	106
1- الطحالب	106
2- الحيوانات	107
ثانياً:- الكائنات التي تعيش قرب القاع	110
1- الهائمات الحيوانية	110
2- الحيوانات السابحة Nekton	110
(5) منطقة الشعاب المرجانية Coral Reef Zone	111
العوامل البيئية المؤثرة في نمو الشعاب المرجانية	112
1- الضوء	112
2- المغذيات	113
3- الرياح والأمواج	113
4- درجة الحرارة	113
5- الملوحة	113
6- العوامل الحياتية	114

أنواع الشعاب المرجانية 115
الكائنات الحية 115
الفصل الثالث : العوامل البيئية 117
مقدمة 119
المجموعة الاولى : العوامل اللا إحيائية 119
اولاً:- درجة الحرارة Temperature 119
ثانياً: الضوء Light 131
تأثير الضوء في النباتات 138
2. الانشطة والتفاعلات الحيوية : 142
تأثير الضوء في الحيوانات 146
ثالثا : الملوحة Salinity 148
رابعاً: حركة المياه Water movement 156
خامساً : المواد والغازات الذائبة 162
سادساً : الضغط Pressure 168
سابعاً : الكدرة Turbidity 173
تاسعا : المواد العضوية Organic materials 179
مصدر المواد العضوية : 179
خواص المواد العضوية : 180
التركيب الكيمياوي 180
عاشرا : ألاشعاع المتاين Ionized radiation 181
خواصه الفيزياوية : 181
تاثيره البايولوجي 181
المجموعة الثانية : العوامل الاحيائية 183
أولا : مجمعات المياه العذبة Freashwater communities 186
ثانيا : مجمعات المياه البحرية Marine community 200
1- مجمعات الجرف القاري Continental shelf zone community 207
ثالثا : مجمعات المصبات Estuary community 210
الفصل الرابع : تلوث المياه 212
مقدمة 214
مصادر المياه 216

الاستعمالات البشرية للمياه 218
تلوث مياه المناطق البيئية 219
اولاً : المياه العذبة Fresh water 220
ثانيا : المياه الجوفية Ground water 243
ثالثاً : مياه البحار المحيطات Marine Water 247
مصادر التلوث بالنفط 255
تأثير التلوث النفطي في الاحياء المائية 257
أمثلة عن تلوث البحار 262
الأدلة البايولوجية لتلوث المياه 265
المنظمات الدولية ذات العلاقة 267
معالجات تلوث المياه 269
أولا: الطرق الميكانيكية 271
ثانياً: الطرق الكيمياوية 272
ثالثاً: الطرق البايولوجية 273
معالجة فضلات المجاري المنزلية 275
الأسس العامة لعمليات المعالجة 277
مراحل المعالجة 277
المعاملة التمهيدية 278
المعاملة الأولية 278
إزالة الجراثيم 279
معالجة الملوثات الصناعية 280
معالجة الملوثات الزراعية 280
معالجة التلوث بالنفط 281
أولا: عمليات التحميل في المصبات النفطية البحرية : 281
ثانيا: حوداث التلوث بالنفط وطرق معالجتها: 282
ثالثا: مجال التعاون الدولي 284
توصيات عامة للحد من ظاهرة تلوث المياه 284
المصادر العربية 288
المصادر الأجنبية 292

الفصل الأول : المدخل

مقدمة

تعريف

أهمية البيئة المائية

النظام البيئي

مكونات النظام البيئي

السلاسل والشبكة الغذائية

تدفق الطاقة

الكفاءة البيئية

الدورة الهايدرولوجية

الصفات الفيزياوية والكيمياوية للماء

أولا – الصفات والخواص الفيزياوية

1. **خواص الماء الحرارية**
2. **الضوء**
3. **الضغط**
4. **اللزوجة والكثافة**
5. **التوصيل الكهربائي**
6. **التعويمية**

ثانياً – الصفات والخواص الكيمياوية

1. **الماء كمذيب**
2. **المواد الذائبة**
3. **الاوكسجين**
4. **ثنائي اوكسيد الكربون**
5. **المواد الذائبة الاخرى**

استخدامات المياه

1. **استخدام المياه في الزراعة والري**
2. **استخدام المياه في الصناعة**

3. **الاستخدام المنزلي او المديني**

مقدمة

يعيش الانسان وبقية الكائنات الحية التي تفوق المليوني نوع مختلف في البيئة ويتفاعل معها وتتاثر به وأنشطته المختلفة. ورغم ان اليابسة موطناً Habitat له، لكنه يحتاج الى المياه لحياته وحياة بقية الكائنات الحية بصورة مباشرة او غير مباشرة. لذا برز الاهتمام في دراسة البيئة المائية وما تحويه من احياء مائية مختلفة وتفاعلها مع العوامل اللاأحيائية المختلفة كالعوامل الفيزياوية والكيماوية .

ويشمل مصطلح البيئة Environment كافة العوامل اللاأحيائية والاحيائية المتفاعلة والمؤثرة في حياة أي كائن حي سواء كان هذا الكائن الإنسان او غيره من الكائنات الحية. ان دراسة الكائن الحي في محيطه ودراسة العلاقات المتبادلة بين ذلك الكائن ومحيطه تتضمن في الحقيقة دراسة الكائن او الكائنات الحية المختلفة في مكانها الطبيعي وعلاقتها مع جميع العوامل المحيطة بها والتي تشمل العوامل الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية. وانطلاقا من هذا المفهوم يلاحظ بان البيئة لها ارتباطا وثيقا بالعلوم المختلفة الاخرى، حيث تتداخل دراسة البيئة مع فروع المعرفة الاساسية الاخرى كالكيمياء والفيزياء والرياضيات والحاسوب وعلم الارض وعلوم الاخرى .

يعتبر الماء ركنا اساسيا من الاركان التي تهيئ الظروف الملائمة للحياة واستمرارها. وهو يشكل العمود الفقري لكل الفاعليات والانشطة بشرية كانت ام غيرها. كما انه الاساس الذي قامت وتقوم عليه المدنية والحضارة منذ فجرها ةالى اليوم والى ما بعده .

الماء ضرورة للحياة ولبقاء الانسان اذ يحتوي جسم الانسان البالغ على 58-65 بالمائة من وزنه ماء. وفضلا عن الحاجات اليومية فانه يستعمل للري وسقي المزروعات وتوليد الطاقة والترفية. ولا يمكن تصور قيام التنمية مهما كان نوعها بدون الماء .

وتشير الدراسات ان ازمة شحة المياه تعد اشد خطرا من ازمة الطاقة . ففي الوقت الذي يمكن فيه ايجاد بدائل للنفط ومشتقاته لتوفير الطاقة فانه من المستحيل ايجاد البديل المناسب للماء العذب. لاستخدامات البشر والكائنات الحية الاخرى كمصدر للمياه او مصدر للرفاهية .

ولما كان من المتوقع ان يزداد عدد سكان العالم في بداية القرن الحادي والعشرين الى (10000) مليون نسمة فان نتائج هذه الزيادة الكبيرة ستظهر للعيان في زيادة الطلب

على الماء كما ان الاستهلاك الفردي للمياه هو الاخر في تزايد مطرد . بالاضافة الى ذلك فان المتطلبات الصناعية للمياه يتوقع لها ان تتضاعف خصوصا في البلدان النامية وعلى هذا الاساس يجب ان ينظر الى الماء على انه ثروة جديرة بالاهتمام لمنع وقوع مشاكل خطيرة ومحتملة كما هو عليه الحال في الدول المتقدمة .

لا تقتصر مشكلة المياه عند مبدا عدم توفرها بالكمية المطلوبة وانما يتعداه الى احتمال تلوث هذه المياه بمختلف الملوثات . وكما هو معلوم فان الماء عندما يشوبه التلوث يصبح مصدرا خطرا على الصحة العامة ويفقد ميزاته التي تؤهله للاستخدام لشتى الاغراض .

وتركز البيئة المائية في الدراسات المائية التي تشمل النظم البيئية في المحيط المائي ويبقى دور الانسان عنصرا هاما ضمن هذه النظم لانه يمثل راس الهرم الغذائي والعامل الذي يقاس على اساسه الاهمية البيئية ودراسة مظاهر التلوث وسبل الحماية من خطورته .

ان المدخل التحليل الذي يتبعه علماء البيئة حديثاً يعد افضل بداية لتفهم البيئة المائية ودراستها . ويتضمن هذا المدخل توضيح تأثيرات المحيط في الكائن الحي وتفاعله معها ونشاطه وفقاً لتغيرات العوامل البيئية . كما يمكن تحديد العلاقات الاساسية التي تربط الكائن الحي ومحيطه ودراستها . فمثلاً يمكن مقارنة الطحالب التي تعيش قرب المياه السطحية في المحيطات مع امثالها من الاشجلر والشجيرات التي تعيش على اليابسة بالنسبة للعلاقات الاساسية . فخلايا ذلك الطحلب تستقطب الطاقة الضوئية من الشمس من خلال الصبغات الموجودة كالكلورفيلات Chlorophylls وغيرها وتعمل على تحويلها الى طاقة كيمياوية واستكمال العمليات الايضية Metabolism داخل خلايا الطحلب بعد الاستفادة من العوامل البيئة الاخرى كالغازات الذائبة والمواد المغذية وغيرها . وكذلك الاشجار والشجيرات من ناحية اخرى فهي تستفيد من الطاقة الشمسية ايضا والعوامل البيئة الاخرى كالحرارة والرطوبة وغيرها. والمثالان المذكوران من حيث العلاقات الاساسية متشابهان ولو ان هناك فروقات من نواح اخرى فمثلاً تتعامل الشجرة مع الكائنات الحية الاخرى في الجزء العلوي (فوق سطح التربة) وعوامل بيئية معينة تختلف عن الكائنات الحية والعوامل البيئية المتواجدة تحت سطح التربة . في حين ان

الطحالب لا يمتلك مثل هذه الاختلافات فانه يعيش ويتواجد مع غيره من الاحياء المائية في المسطح المائي وتتعرض لنفس العوامل البيئية .

وفي تحليل البيئة لابد من معرفة العامل المحدد Limiting factor حيث ان كافة الاحياء المائية تنمو وتتكاثر وتنتشر عند توفر العوامل البيئية الملائمة ولكن تتحدد تلك الانشطة في حالة وجود احد العوامل التي تؤثر في ذلك . وعلى الرغم من صعوبة فصل عامل واحد ليكون محددا فقد يتحد اكثر من عامل لتؤثر سلباً في حياة ذلك الكائن او تحد من نشاطه .

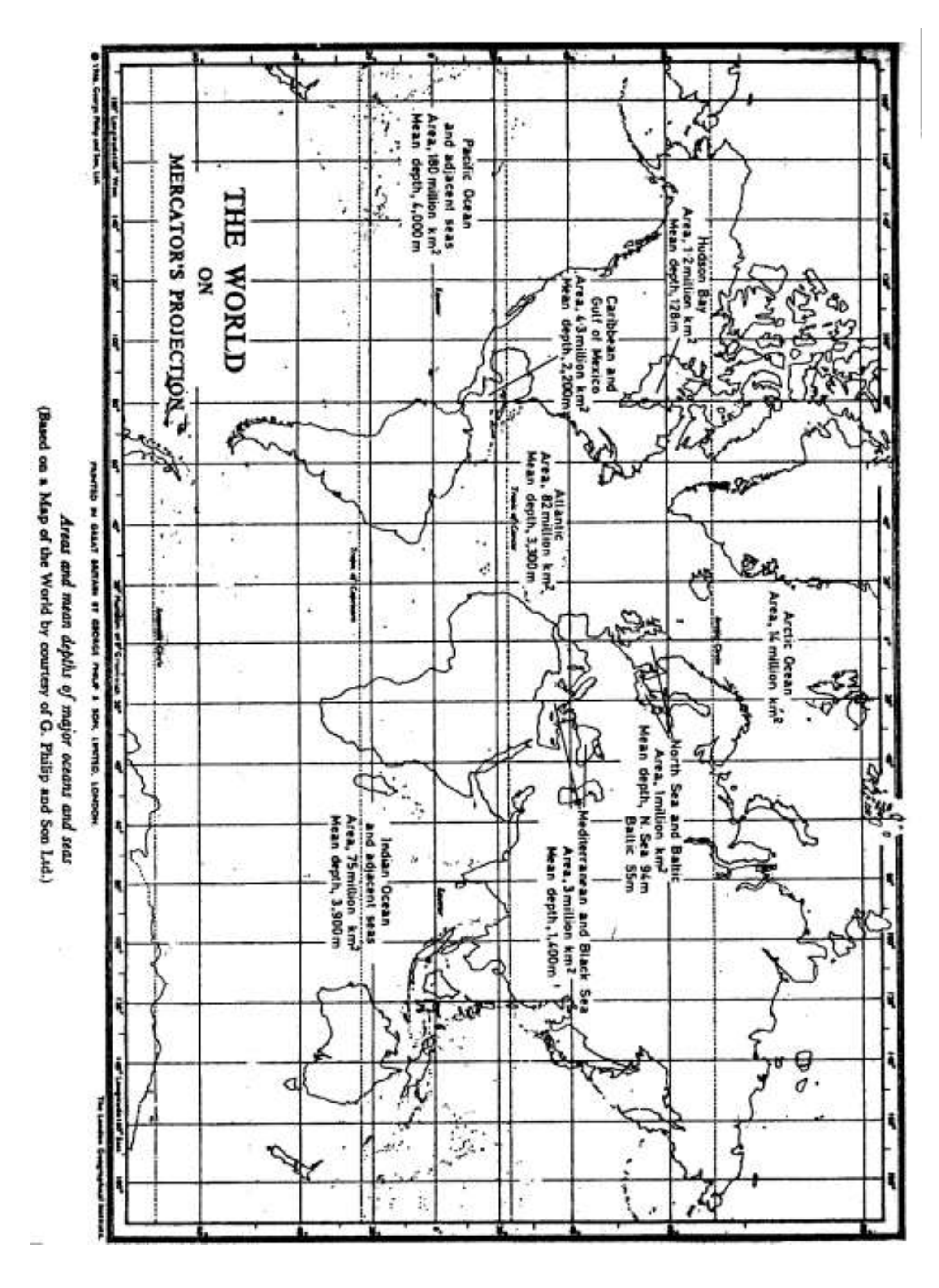
وفي الوقت الذي قد يكون الماء عاملا محددا في بيئة اليابسة كما هو الحال في النباتات الصحراوية فانه أي الماء لا يعد محددا في البيئة المائية.

تعريف

تعرف البيئة المائية بأنها معرفة العلاقات الموجودة بين الأحياء المائية المختلفة مع بعضها البعض من جهة ومكونات المحيط المائي اللااحيائية المختلفة من جهة أخرى .

وتظهر اهمية البيئة المائية من خلال ما تغطيه المياه من مساحات تقدر بما يقارب من 71% من سطح الارضية (360مليون كم2) . حيث توصف الكرة الارضية احيانا باللؤلؤة الزرقاء كما يتبين ذلك للانسان وهو في الفضاء . وتشكل المحيطات اكثر من 97% من هذه المساحة ، في حين تتواجد كميات قليلة من المياه في البحيرات والانهار والمصادر الاخرى (الشكل 1-1 والجدول رقم 1-1).

ويقدر معدل عمق البحار حوالي 3730 م وتصل الاعماق احيانا الى (11) كم والتي تعد اكثر من ارتفاع قمم جبال الهملايا، وتحتوي محيطات وبحار العالم (1375) مليون كم3 من المياه. وتشكل مياه البحار المالحة الحجم الاكبر حيث تقدر بحوالي 1.4×10^{9} كم3 في حين حجم المياه العذبة يقدر بحوالي 1.5×10^{5} كم3 . وتعد الامطار (105 الف كم3 سنويا) المصدر الاساسي لتجهيز المياه العذبة في الارض. ويصل حوالي ثلث هذه الكمية (37.5 الف كم3 سنويا) الى المحيطات من خلال مصبات الانهار ويعود الثلثان الاخران منه الى الجو من خلال عمليتي التبخر Evaporation من سطح التربة وغيرها مباشرة والنتح Transpiration من النباتات.



Areas and mean depths of major oceans and seas
(Based on a Map of the World by courtesy of G. Philip and Son Ltd.)

الشكل (1–1): المحيطات والبحار الرئيسة في العالم مع معدلات أعماقها (Tait).

الجدول رقم (1−1) :انواع المياه وبعض صفاتها في المحيط الحيوي(WETZEL 1983)

المياه	الحجم (آلاف الكيلومترات المكعبة)	% من المجموع	المدة اللازمة للتجديد
المحيطات (Oceans)	1370000	97.61	3100 سنة ×
القطب المنجمد (Polar ice, glaciers)	29000	2.08	16000 سنة
المياه الجوفية (+ Ground water)	4000	0.29	300 سنة
بحيرات المياه العذبة (Fresh water lakes)	125	0.009	1−100 سنة
البحيرات المالحة (Saline lakes)	104	0.008	10−100 سنة*
ماء التربة وما تحتها (Soil and subsoil moisture)	67	0.005	280 يوم *
الانهار (Rivers)	1.2	0.0009	12−20 يوم **
بخار الماء الجوي (Atmospheric water vapor)	14	0.0009	9 يوم

× اعتمد على مقدار التبخير الصافي من المحيطات.

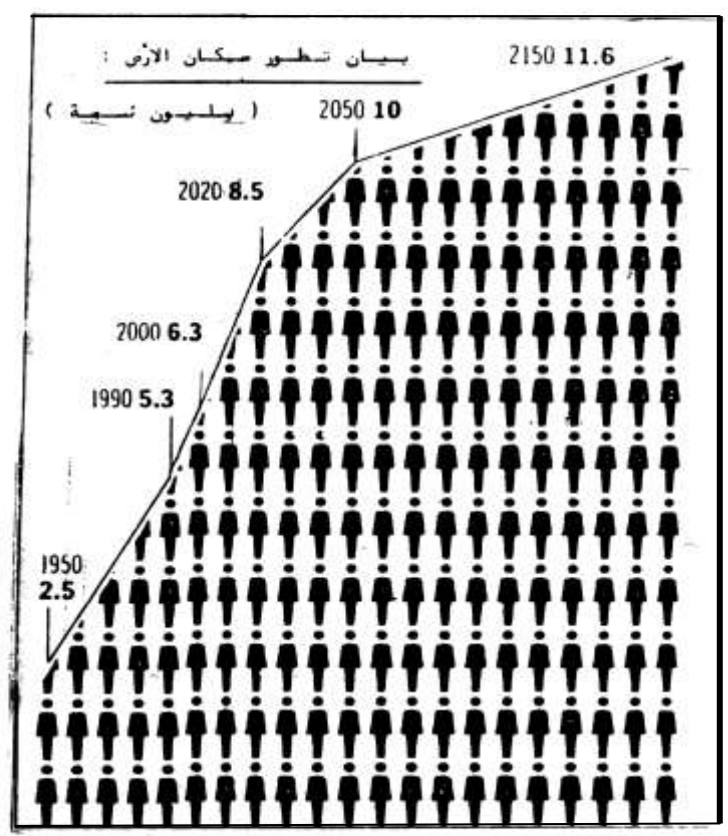
+ قدرت لمجموع المياه الجوفية لعمق 5 كيلومترات لكمية القشرة الارضية البالغة 60 $\times 10^{6}$ كيلومترا مكعباً .

* تختلف المدة اللازمة للتجديد في البحيرات طردياً مع الحجم ومعدل العمق وعكسياً مع نسبة التصريف ويكون المدى المطلق للبحيرات المالحة من ايام الى الاف السنين .

** 12 يوم للانتهار ذات المساحات الاقل من 100000 كيلو مترا مربعاً و20 يوم للانهار الرئيسية التي تصب مباشرة في البحر .

أهمية البيئة المائية

لقد درس الانسان ومنذ وقت طويل بيئة اليابسة قبل تناوله البيئة المائية وذلك لتوفر الامكانات المتاحة وسهولة الوصول الى أي مكان في اليابسة . لكن تعلق الانسان وتعطشه الكثير للالمام بخبايا البحار والمحيطات وثرواتها التي ضلت تتحدى المعرفة الانسانية على مدى التاريخ سواء خوفا منه او قصوراً في الوسائل الكفيلة للتوصل اليه. جعلته يتجه في معرفة المزيد من بيئته المائية . فضلا عن اهتمام الدول بالمياه كمصدر غني الذي لا ينضب للغذاء لمواجهة التزايد السكاني الحالي او المتوقع الذي تقصر عن تغذية مصادر الغذاء التقليدية في اليابسة . حيث ان كوكبنا سيصل في مطلع القرن الحادي والعشرين (عام 2050) الى (10) مليار نسمة بعد ان كان في اواخر القرن العشرين (عام 1993) بحدود (5.5) مليار نسمة حسب احصائيات الامم المتحدة (الشكل رقم 2−1) .



الشكل (1−2) : تطور سكان الارض (تقرير التنمية البشرية UNDP 1993)

وباختصار فان ما يتبقى على سطح الارض وفي الانهار والبحيرات من مياه عذبة لايتجاوز 0.008 بالمائة من اجمالي المياه في العالم وتشكل مع مخزون الارض من المياه الجوفية العذبة ما يقرب من 8.5 مليون كيلو متر مكعب . افليس هذا الحجم بكاف لسد احتياجات الانسان ونشاطاته المختلفة ؟ بلى من الناحية النظرية لان سكان الارض حسب ما تشير اليه الاحصائيات قد استخدموا ما مجموعه 2500 كيلو متر مكعب من المياه عام 1975 وهذا الرقم يبدو ضئيلا جدا فيما لو قورن بـ 8.5 مليون متر مكعب .

ومن سخرية الاقدار ان يتهدد اكثر من مليار من البشر باخطار الجفاف والتصحر وتتسبب الفيضانات في تشريد الكثير منهم ، ومن سخرية القدر ايضا ان هذا السائل الثمين لا يتوفر دائما في مكان الحاجة اليه ولا في وقت الحاجة . ومع هذه الشحة الواضحة نرى بوادر السرف ظاهره في بعض الممارسات ، ففي الوقت الذي لا يجد فيه الملايين من البشر ما يسد رمقهم ويقضون الساعات الطوال الى جانب الابار للحصول على بضع قطرات تجود بها هذه الابار اثناء الليل يصل استهلاك سكان الولايات المتحدة الامريكية الى 1000 لتر يوميا للشخص الواحد و500 لتر يوميا في اوربا في حين لا يتجاوز استهلاك المياه في بعض مناطق الهند وافريقيا عن 3–5 التار يوما للشخص الواحد .

ان كثير من دول العالم حاليا تعتبر المياه مصدرا هاما لغذاء الانسان حيث تحوي المحيطات ما مجموعة اكثر من (150) الف نوعا من الاحياء المائية ، وحوالي الفي نوع منها تستخدم كغذاء للانسان وعلى راسها الاسماك التي تشكل بحدود 90% من هذه الانواع تليها النواعم والقشريات 7–8%والحيتان حوالي 1%. اما الاعشاب البحرية فنسبتها في غذاء الانسان قليلة (اقل من 1%) والتي تقابلها 80% في النباتات البرية في بعض مناطق العالم .

وتعد الثروة السمكية في العالم بصورة عامة مصدرا غذائيا ثانويا لكنها تعد مصدرا هاما واساسيا للبروتين في بعض البلدان مثل اليابان وبلدان جنوب شرق اسيا وبعض بلدان حوض البحر المتوسط . ويتوقع زيادة استهلاك العالم من الاسماك (66.5 مليون طن متري في السبعينات) الى زيادة في نمو سنوي بمعدل 2.3% لكل عام وهو تقدير اكثر قليلا من نمو سكان المعمور . وذكر في السنوات القيلة الماضية من ادارة معهد البحوث للصيد البحري وعلوم البحار في روسيا بأن كل عام تستخرج سفن الصيد من

البحار والمحيطات اكثر من (70) مليون طن من الاسماك وهذه الكمية من البروتين الحيواني تماثل (400) مليون رأس من الماس\اشية الذي يقرب من ثلث عدد المواشي في اليابسة في الثمانينات . ويشكل ما ينتج حاليا من المحيطات حوالي 1% من الغذاء المستهلك في العالم .

وتحتوي الاسماك كغذاء للانسان على زيوت غير مشبعة لها فائدة صحية للمستهلك مما يقلل تصلب الشرايين فضلا عن تقليل نسبة الكولسترول في الدم. كما ان تناول الغذاء البحري بانتظام يقلل من اخذ الشحوم المشبعة فضلا عن انه غني جدا بالفيتامينات والبروتينات والمعادن خاصة الكالسيوم والحديد والفسفور واليود. كما ان نسبة الشحوم قليلة اذا ماقورنت مع مصادر الغذاء الاخرى من اللحوم، كما انها ذات سعرات حرارية اقل.

واضافة الى الاستهلاك البشري المباشر للاسماك فانه حوالي 35% من الصيد الكلي يستخدم لانتاج مسحوق السمك الذي يستعمل كعلف للدواجن والماشية. كما ان جلود اسماك القرش تستعمل في صناعة الاحذية والحقائب وتستخرج مادة العنبر من كبد الحيتان لانتاج العطور فضلا عن الزيت. كما يستخرج اللؤلؤ من بعض انواع المحار ويستخدم الاسفنج لاغراض صناعية مختلفة .

ان للطالحب (الاعشاب البحرية) فوائد عديدة فهي تعد كمنتج اولي Primary Producer في البيئة البحرية فهي الوحيدة التي تستقطب الضوء من خلال وجود الصبغات المختلفة كالكلوروفيلات وتحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيمياوية لتثبيت غاز ثنائي اوكسيد الكربون على هيئة مادة سكرية (كاربوهيدرات) أي من مادة لا عضوية الى مادة عضوية فانها بهذه العملية وهي البناء الضوئي Photosynthesis تعد كائنات ذاتية التغذية Autotrophic وعليها تعتمد جميع الحيوانات المائية كغذاء بشكل مباشر او غير مباشر. وعلى سبيل المثال تعد انواع الطحالب للاجناس *Cladophora* و *Pithophora* و *Spirogyra* و *Ulothrix* كغذاء شائع للاسماك المختلفة.

وتستعمل الطحالب كغذاء للانسان في بعض مناطق العالم خاصة جنوب شرقي اسيا وسواحل المحيط الهادي. ومعظم هذه الطحالب بحرية تعود الى اكثر من (70) نوع من الطحالب الخضر والبنية والحمر والخضر المزرقة. ومن اهم هذه الانواع هي التابعة لجنس *Porphyra* من الطحالب الحمر Rhodophyta والذي يطبخ كحساء ذو محتوى غذائي عالي، اذ تتراوح نسبة البروتين فيها بين 30–50% على اساس الوزن الجاف

وحوالي 45% كاربوهيدرات فضلا عن احتوائها على الاملاح والفيتامينات (A,B1,B2,C). فهي تفوق محصول الرز وتضاهي لحوم الابقار في قيمتها الغذائية . وتنتج اليابان لوحدها من هذه الطحالب اكثر من (130) الف طن سنويا . ويعمل منه في اليابان الحساء المشهور بأسم نوري (Nori) وفي الولايات المتحدة يدعى الحساء باللافر (Laver) . ومن الانواع الاخرى التي تستعمل كمصدر لغذاء الانسان هي التابعة للاجناس *Chiorella* و *Ulva* و *Codium* من الطحالب الخضر و *Laminaria* و *Sargassum* من الطحالب البنية و *Nostoc* من الطحالب الخضر المزرقة . وفي بعض الدول مثل المانيا تخلط نسبة من مسحوق الطحالب البحرية وتخلط مع دقيق الحبوب لصناعة الخبز لرفع قيمته الغذائية.

وفي العديد من دول العالم كالولايات المتحدة الامريكية وفرنسا واليابان والدانماركونيوزيلاندا تستعمل الاعشاب البحرية (الطحالب) كمصدر لغذاء الماشية والدواجن مثل الانواع التابعة للاجناس *Sargassum* و*Laminaria* و *Fucus* من الطحالب البنية وذلك لقيمتها الغذائية العالية واحتوائها على نسبة عالية من الفيتامينات والاملاح كالبوتاسيوم واليود. ولوحظ بان الابقار التي تتغذى على هذه الاعشاب البحرية تعطى حليبا ذو محتوى دهني عالي والدجاج ينتج بيضاً غنياً بمادة اليود.

وللطحالب اهمية بيئية كبيرة في ادامة التوازن بين غازي الاوكسجين وثنائي اوكسيد الكربون في الجو وفي المياه حيث انها تشكل 90% من مجموع عملية البناء الضوئي في الطبيعية.كما تستخدم الطحالب في عملية التنقية الذاتية Autopurifiction من خلال اطلاقها الاوكسجين اثناء عملية البناء الضوئي .

ولمشتقات بعض انواع الطحالب اهمية في الصناعة والطب مثل مادة الاكر Agar المستخلصة من بعض انواع الطحالب الحمر وهي مادة كربوهيدراتية معقدة ذات طبيعة جيلاتينية تستخدم في صناعة المعلبات وفي صلابة اوساط النمو المستخدمة في الدراسات الميكروبيولوجية . كما ان مادة الكراجنين Carrageenin المستخلصة من الأعشاب البحرية لها استعمالات صناعية وطبية حيث تدخل في تكوين معاجين الأسنان ومساحيق التجميل والأصباغ والمرطبات وصناعة الأنسجة والجلود وكمادة مثخنة لبعض الأدوية . وحامض الالجنيك Alginic acid المستخرج من بعض أنواع الطحالب البنية مثل *Laminaria* و *Macrocystis* والذي يتميز بلزوجته الشديدة حيث تبلغ (37) مرة ضعف لزوجة الصمغ العربي . ويستعمل هذا الحامض في صناعات متعددة منها

الأنسجة الاصطناعية ومعاجين الطباعة وصناعة البلاستيك والمطاط. كما تستعمل التربة الدايتومية Diatomaceous earth المستخرجة من الطحالب العصوية كمادة عازلة وكوسط للترشيح ولتنقية عصير القصب والمشروبات الكحولية وتدخل في صناعة معاجين الأسنان ومساحيق التاميع ومستحظرات التجميل والمراهم .

وتستخلص من الطحالب كذلك بعض العناصر المهمة مثل اليود Iodine من بعض الطحالب البنية والبرومين Bromine من الطحالب الحمر . كما تستعمل بعض انواع الطحالب الخضر المزرقة لزيادة خصوبة التربة خاصة في مزارع الرز حيث تقوم هذه الطحالب بتثبيت النتروجين الجوي . وبعض الاعشاب البحرية يستخدم لانتاج العقاقير الطبيةمثل الطحلب الاحمر Digenia simplx الذي يكثر في مصر (ساحل ابي قير) ويستخدم كطارد للديدان المعوية والطحلب Sargium الذي يستخدم في الهند كعلاج لاضطرابات المثانة وامراض الكلية .

ولبعض انواع الطحالب اهمية في الابحاث البايولوجية مثل الطحالب الخضر *Chlorella* و *Scenedesmus* و *Chlamydomonas* المستخدمة في ابحاث البناء الضوئي والتكاثر والوراثة . كما ان بعض الطحالب مستخدمة كادلة بايولوجية للتلوث وللمياه النظيفة مثل الطحلب الاخضر *Zygnema* كدليل بايولوجي للمياه الملوثة بالمواد العضوية مثلا.

وتحتوي مياه البحر على اكثر من خمسين عنصرا كالصوديوم والكلور والمغنيسيوم والبروم وغيرها . وهناك محاولات جادة لاستخراج المعادن الثقيلة كالذهب والتيتانيم والنحاس والكروم والنيكل وغيرها . ومن المتوقع في المستقبل القريب ان تتضاعف الحاجة البالمعادن الانتاجية مما هو عليه الان وهناك بعض الاختبارات في تعدين المنغنيز في المحيطين الاطلسي والهادي وكذلك الحال لعناصر النحاس والنيكل والكوبلت . كما ان قاع البحار غني بالترسبات الملحية فضلا عن النفط الخام .

وتعد المياه مصدرا هاما في توليد الطاقة الكهربائية وقد بدأت بعض الدول كاليابان بعض التجارب في استخدام التيارات البحرية لتوليد الطاقة الكهربائية في السنوات القليلة الماضية .

النظام البيئي Ecosystem

يمثل النظام البيئي وحدة تنظيمية او مكانية تشمل كائنات حية وعوامل غير حية متفاعلة فيما بينها تؤدي الى تبادل المواد بين المكونات الحية وغير الحية . علما ان

العالم البريطاني تانسلي A. G . Tansley اول من افتراض هذا المصطلح في عام 1935 . وهو اكثر شمولا من الجماعة Population والمجتمع Community وهو اقرب الى حد ما من مفهوم البيئة Environment والموطن Habitat .

فالجماعة Population عبارة من مجموعة من الافراد المتفاعلة معا وهي تنتمي عادة الى نفس النوع Species وفي مكان محدود وهكذا يمكن الحديث عن جماعة سمك الكارب في بحيرة ما او جماعة الطحلب كلوريلا Chlorella في نهر ما وهكذا . اما المجتمع Community فانه بالمعنى الحياتي يتكون من جماعات من الاحياء المختلفة (نباتات وحيوانات وغيرها)، تعيش معاً في مكان معين وهكذا إلى مجتمع بركة ما أو مجتمع بحر معين وهكذا .

ويشير مصطلحاً البيئة والموطن إلى مكان محدود حيث يعيش كائن حي ما بما في ذلك المعالم الفيزياوية والكيمياوية والحياتية على حد سواء . ويأتي معنى البيئة Environment بالمحيط الذي يشمل جميع الحالات والظروف والتأثيرات المحيطة والمؤثرة في كائن حي أو مجموعة من كائنات حية . في حين يشير الموطن Habitat إلى الملجأ أو البقعة الطبيعية لكائن معين أو حيوان أو غيرها فهو يشمل أيضاً جميع معالم البيئة لموقع معين .

فالنظام البيئي إذن يشمل الجماعات والمجتمعات والموطن والبيئات ، ويشير خاصة إلى التفاعل الحركي لجميع مكونات البيئة مع التركيز بصورة خاصة على تبادل المواد بين المكونات الحياتية وغير الحياتية .

ويمكن القول بأن معظم الأنظمة البيئية لها الخواص العامة الآتية :-

1- يُعد النظام البيئي الوحدة التركيبية والوظيفية لعلم الخواص البيئة Ecology .

2- ان تركيب أي نظام بيئي ترتبط مع تنوع أنواعه Species diversity . النظام البيئي الأكثر تعقيد يملك تنوع أنواع عالي .

3- ان وظيفة أي نظام بيئي ترتبط مع انسياب الطاقة Energy flow وحركة المواد Material cycling خلال وداخل النظام .

4- تعتمد كمية الطاقة النسبية للمحافظة على النظام البيئي على تركيبه .

5- تنضج الأنظمة البيئية من خلال مرورها من حالة أقل تعقيداً إلى أكثر تعقيداً . المراحل المبكرة لمثل هذا التعاقب Succession تملك زيادة في الطاقة Potential

energy وانسياب طاقة عالية نسبياً في وحدة الكتلة الحية Biomass . وتملك الأطوار المتأخرة (الناضجة) طاقة متجمعة أقل وانسيابها خلال مكونات مختلفة أكثر .

6- كل من البيئية Environment وتثبيت الطاقة في أي نظام بيئي يكونان محدودان ولا يمكن ان يختلفا أو يزيدا دون احداث تأثيرات حادة وغير مرغوب فيها .

7- التغاير في البيئات توضح ضغوط مختارة على السكان التي يجب ان تعدل . فالكائنات الحية التي لا تستطيع ان تتطبع للتغيرات البيئية يجب عليها ان تتلاشى في تلك البيئة .

مكونات النظام البيئي Components of the Ecosystem

هناك مجموعتين من المكونات الرئيسة وهما :

أولاً : المكونات الاحيائية Abiotic components

وتشمل المياه والغازات والعناصر والأملاح كالنترات والفوسفات والسليكات وغيرها وبعبارة أخرى كافة العوامل الفيزياوية والكيمياوية التي تحيط بالأحياء المائية .

ثانياً : المكونات الاحيائية Biotic components

وتشمل ثلاث مستويات من الكائنات الحية وهي :

1- **الكائنات المنتجة** Producer Organisms وتضم النباتات المائية وبضمنها الطحالب وبكتريا البناء الضوئي التي تصنع غذائياً بنفسها ويطلق عليها ذاتية التغذية Autotrophic organisms أو ذاتية الإنتاجية ، حيث تقوم بإنتاج المواد العضوية من مواد غير عضوية .

2- **الكائنات المستهلكة** Consumer organisms وتضم الحيوانات التي تتغذى على المواد العضوية المنتجة بصورة مباشرة أو غير مباشرة . وهذه الكائنات غير قادرة بإنتاج مركباتها العضوية للأغراض الغذائية الأساسية لذلك يطلق عليها كائنات غير ذاتية أو مختلفة التغذية Heterotrophic organisms وتشمل ما يأتي :-

أ- **العشبيات** (العواشب Herbivores) : وتدعى أيضاً باكلات الاعشاب وتشمل الاحياء المائية نباتية التغذية كالكارب العشبي وتسمى بالمستهلكين الاوليين Primary consumers .

ب- **اللواحم** (Carnivores) : وتشمل الأحياء المائية آكلة اللحوم مثل الضفادع والافاعي وهذه المجموعة تدعى أخرى ممكن ان تتغذى على المجموعة آنفة الذكر وتدعى بالمستهلكين الثانويين Secondary consumers . وتوجد مجموعات أخرى ممكن ان تتغذى على المجموعة آنفة الذكر وتدعى قمة اللحوام Tertiary consumers أو Top Carnivores مثل الجوارح .

جـ- **القوارت** (Omnivores) : وتشمل الاحياء التي تتغذى على النباتات أو الحيوانات كما في سمك وكذلك الإنسان .

3- **المحللات** Decomposer Organisms وتشمل البكتريا Bacteria والفطريات Fungi وبعض أنواع الابتدائيات Protozoa وهي تقوم بتكسير المواد العضوية المعقدة في الأحياء بعد موتها وتقوم باطلاق مركبات غير عضوية بسيطة لغرض اعادة استخدامها مرة أخرى من قبل المنتجات وبذلك تكمل دورة المواد الكيمياوية في النظام البيئي . أي تغذيتها من النوع الرمي Saprophyte .

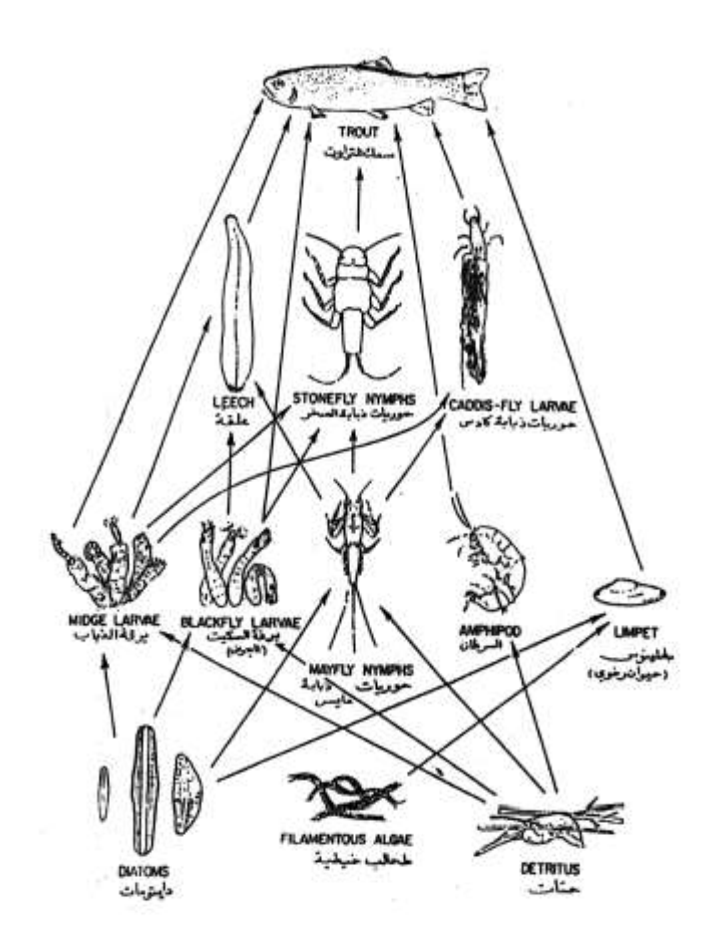
السلاسل والشبكة الغذائية Food Chains and Web

تنتقل الطاقة ابتداء من النباتات خلال سلسلة من الكائنات الحية الأخرى التي تدعى بالسلسلة الغذائية Food chain . وأن كل مستوى من هذه الكائنات الحية يدعى بالمستوى الاغتذائي Trophic level . الذي هو جزء من السلسلة الغذائية . وتعرف المجموعة المحددة من المستويات الاغتذائية داخل نظام بيئي بالتركيب الاغتذائي Trophic Structure وكلما قصرت السلسلة الغذائية كبرت الكتلة الحية Biomass التي يمكن ان تنتج من قدر معين من الطاقة وذلك لأن بعض الطاقة تفقد عند كل مرحلة انتقال أو مستوى اغتذائي . فعلى سبيل المثال تكون السلسلة الغذائية ذات خمس روابط (طحالب – قشريات – حشرات – أسماك صغيرة وقناديل البحر – أسماك كبيرة) ، أقل كفاءة بكثير من السلسلة الغذائية ذات ثلاث روابط (طحالب – أسماك مينون – سمك

القاروس) . لذا فإن البحار القطبية الجنوبية من بين أكبر المحيطات إنتاجاً في العالم حيث ان السلاسل الغذائية بسيطة وقصيرة مثلاً : الهائمات النباتية إلى الحيتان.

أما الشبكة الغذائية Food web فهي التي تتكون من ترابط السلاسل الغذائية (شكل 1−3).

و أن مثل هذا الارتباط في النظام البيئي ليست هي الارتباطات الوحيدة وإنما في أغلب الأحيان نجد ان المجتمعات ترتبط مع بعضها بوساطة روابط أخرى تستند إلى اكتشاف الغذاء أو جنس آخر .



الشكل (1−3) : جزء من شبكة غذائية لبيئة مائية (نهر) . (Huffaker and Rabb 1984)

تدفق الطاقة Energy Flow

ان المصدر الأساسي للطاقة للأحياء المائية هو الطاقة الشمسية وتقدر شدة الاشعاع الشمسي عند مستوى سطح البحر كمعدل بحدود 15000 سعرة في المتر المربع في الدقيقة ، وهذا يصل إلى (9) ملايين سعرة في المتر المربع يوميا مع الافتراض أن شروق الشمس لمدة (10) ساعات يوميا ، أو أكثر من (36) بليون سعرة لمساحة فدان يوميا . وتكون الكمية الكلية للطاقة الشمسية الساقطة على سطح الأرض يوميا مكافئة للطاقة الناتجة في (684) بليون طن من الفحم وهذه كافية لإنتاج طاقة ضوئية لتموين أكثر من مليون واط لكل فدان من الأرض .

أن الضوء الساقط على النباتات الخضراء ينعكس منه حوالي 98% ويمتص ما يقرب من 2% فقط التي منها مصف الكمية من الأطوال الموجية التي يستقطبها صبغة اليخضور (الكلوروفيل) في عملية البناء الضوئي Photosynthesis . وهكذا تكون الكفاءة البيئية للنباتات الخضراء هي عادة 1% أو أقل . وفي المسطحات المائية الواسعة تنعكس تتشتت نسبة مئوية أكبر من الضوء بحيث يكون معدل الكفاءة البيئية للنباتات الخضراء الطحالب في المحيط 18% فقط .

وتعتمد كمية الطاقة الجاهزة بصورة مباشرة على المستوى الاغتذائي الذي يستمد منه غذاءه . وتقوم الكائنات المنتجة ببناء كمية معينة من المادة العضوية لكل وحدة زمن وذلك اعتمادا على الطاقة الضوئية وامتصاصها من قبل الصبغات الخضراء في خلاياها وخلال عملية البناء الضوئي كما في المعادلة التالية :-

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{صبغة الكلوروفيل}]{\text{الطاقة الضوئية}} \underset{\text{كاربوهيدرات}}{(CH_2O)\,n} + O_2$$

وتقوم النباتات المائية بضمنها الطحالب في النظام البيئي بتثبيت غاز ثاني أوكسيد الكربون على شكل مادة عضوية (كاربوهيدرات) خلال العملية أعلاه ، حيث أنها توفر للنظام البيئي المصدر الأساسي من الطاقة نفسها كما توفر الطاقة للكائنات المستهلكة فضلاً عن توفر الأوكسجين اللازم للتنفس. وتُعد عملية التنفس عملية عكسية مقارنة مع طريق أكسدة المادة العضوية واحتراقها واطلاق الطاقة وكما يلي :-

$$(CH_2O)n + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + Energy$$

طاقة

وتقوم الكائنات المنتجة بتكوين المادة العضوية في وحدة زمنية يطلق عليها بالإنتاج الكلي أو الإجمالي Gross production ويعبر عنها بالطاقة بدلاً من الكتلة الحية Biomass . ويقدر الإنتاج الكلي للمحيط الحيوي حوالي 6, 43 × 10^{16} كيلو كالوري لكل سنة في الكائنات الحية البحرية وحوالي 4, 57 × 10^{16} كيلو كالوري لكل سنة في الكائنات الحية البرية .

وتقوم الأحياء المائية باستهلاك جزء من إنتاجها الكلي لغرض إكمال عملية تنفسها وما يبقى منه يعبر عنه بالإنتاج الصافي NET Production والذي يعتبر كمية الطاقة المتوفرة بصورة كامنة لآكلات الأعشاب Herbivores والكائنات المحللة Decomposers .

أي ان الإنتاج الكلي = الإنتاج الصافي + التنفس

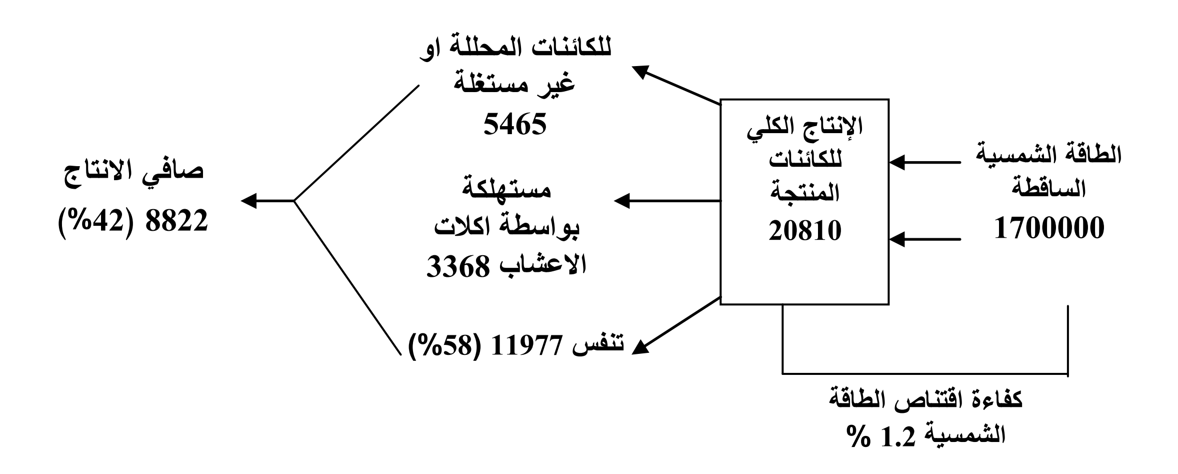
والإنتاج الصافي هو الطاقة المستهلكة من قبل آكلات الأعشاب والكائنات المحللة + المحصول المتبقي Standing crop .

وكمثال لأحد الأنظمة البيئية التي تم حسابها هي ينابيع سلفر في فلوريدا فإن إنتاجها الكلي يعادل 2, 1% تقريباً من مجموع الإشعاع الشمس الساقط . وبما ان التنفس يشكل حوالي 58% من الإنتاج الكلي فيمكن استخراج الإنتاج الصافي من المعادلة أعلاه والذي سوف يعادل 42% من الإنتاج الكلي (الشكل 1−4). ومن هذا الشكل يمكن ملاحظة انسياب الطاقة في هذا النظام خلال المستويات الاغتذائية المختلفة.

ويلاحظ ان 3368 كيلو سعرة لكل متر مربع في السنة تستهلك من قبل آكلات الأعشاب التي تشكل فقط 16% تقريباً من الإنتاج الكلي للكائنات المنتجة ويلاحظ من الجدول (1−2) الأرقام الخاصة للمستويات الاغتذائية المختلفة .

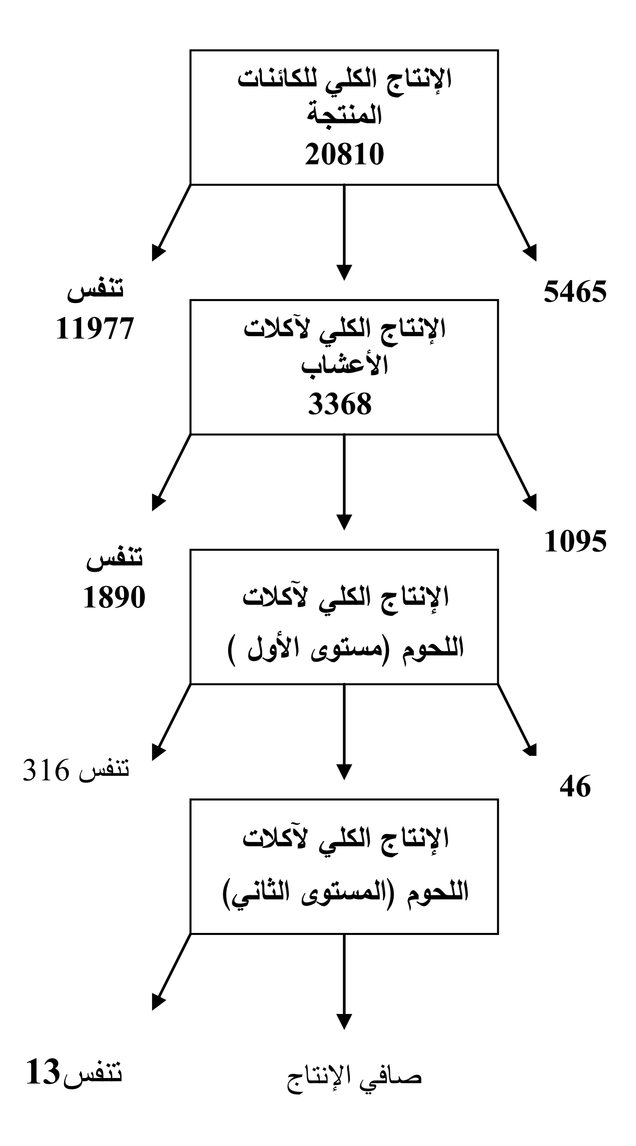
الجدول (1−2) : انسياب الطاقة في ينابيع سلفر بفلوريدا مقدرة بالكليو سعرة لكل متر مربع سنوياً (بعد السعدي وجماعته 1986)

الإنتاج الكلي	الكائنات المنتجة	آكلات الأعشاب	آكلات اللحوم (المستوى الأول)	آكلات اللحوم (المستوى الثاني)
	20810	3368	383	21
التنفس	11977	1890	316	13
الإنتاج الصافي	8833	1478	67	6

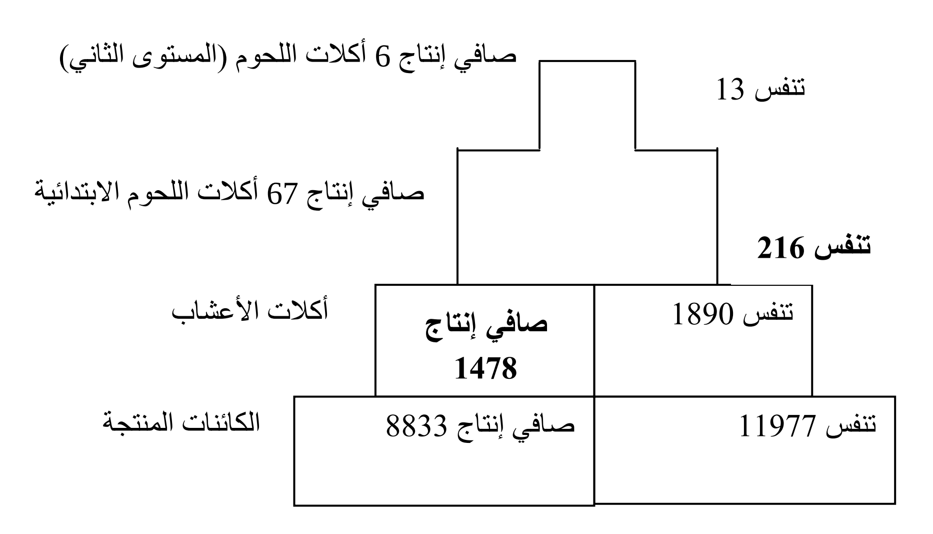


الشكل (1−4) : ميزانية الطاقة السنوية للكائنات المنتجة في ينابيع سلفر بفلوريدا مقدرة بالكيلو كلوري لكل متر مربع كل عام (بعد السعدي وجماعته 1986)

ويمكن تتبع انسياب الطاقة خلال المستويات الاغتذائية المختلفة من خلال المخطط المبين في الشكل (1−5) حيث يلاحظ الانخفاض الشديد في الإنتاج الصافي من مستوى اغتذائي إلى المستوى الذي يليه . وباستخدام هرم الطاقة Energy pyramid يمكن توضيح انسياب الطاقة المتوفرة ونقصها عند كل مستوى اغتذائي عن المستوى الذي يليه كل مستطيل من الهرم الطاقة المستحصلة في الإنتاج الكلي بواسطة جميع الكائنات الحية في ذلك المستوى الاغتذائي المعني . ويبين الإنتاج الكلي مقسماً إلى جزئيه التنفس والإنتاج الصافي (الشكل 1−6) .



الشكل (1-5) : مخطط انسياب الطاقة لينابيع سلفر بفلوريدا بالكيلو سعرة لكل متر مربع سنوياً (بعد السعدي وجماعته 1986) .



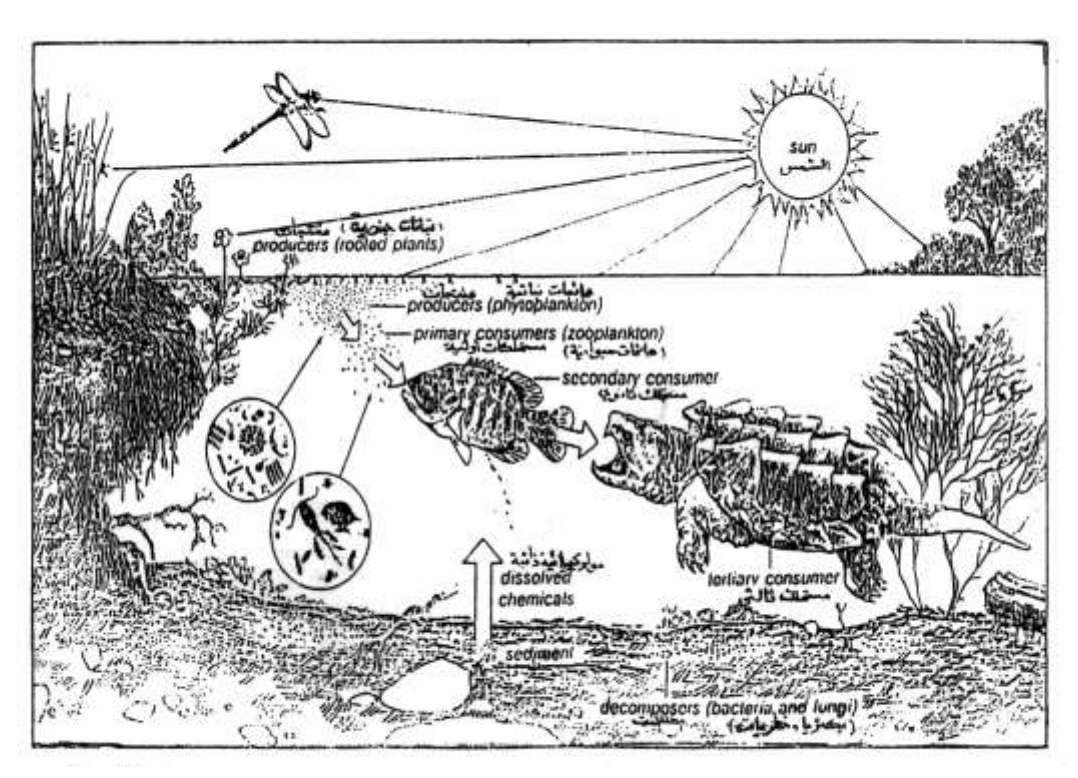
الشكل (1−6) : هرم الطاقة لينابيع سلفر بفلوريدا بالكيلو سعرة لكل متر مربع سنوياً (بعد السعدي وجماعته 1986) .

لذا يلاحظ مما تقدم في أعلاه بأن آكلات اللحوم لها طاقة متوفرة أقل من تلك المتوفرة للكائنات لآكلات الأعشاب ومن خلال السلسلة الغذائية يلاحظ نقص كبير في الطاقة المتوفرة للكائنات المستهلكة التي تتغذى على ذلك المستوى . وان نسبة الإنتاج الصافي لآكلات الأعشاب إلى الإنتاج الصافي للكائنات ذاتية التغذية في ينابيع سلفر هو حوالي 17% وهذه النسبة تكون 5, 4% تقريباً من آكلات اللحوم الأولية إلى آكلات الأعشاب. ومن آكلات اللحوم في المستوى الثاني إلى آكلات اللحوم في المستوى الأول تكون حوالي 9% وبصورة تقريبية تكون كفاءة الإنتاج الصافي حوالي 10% فقط . ومعناه إذا كان هناك 100 سعرة من إنتاج نباتي صافي فيتوقع حوالي 10 سعرات فقط من إنتاج صافي لآكلات الأعشاب وحوالي سعرة واحدة فقط من إنتاج صافي لآكلات اللحوم. أي حوالي 90% من الطاقة من أي مستوى اغتذائي يفقد إلى المستوى الذي يليه.

ان كمية الطاقة الشمسية الجاهزة لفعالية البناء الضوئي تختلف باختلاف المناطق على سطح الكرة الأرضية وهي تزداد كلما اتجهنا نحو خط الاستواء ففي شمال خط الاستواء بـ 52 درجة تكون الطاقة حوالي $5, 2 \times 10^{8}$ سعرة / م^{2} / سنة وفي شمال خط الاستواء بـ 42 درجة تكون الطاقة حوالي $5, 4 \times 10^{8}$ سعرة / م^{2} / سنة بينما في شمال خط الاستواء بـ 32 درجة حيث تقع معظم أقطار الوطن العربي ضمن هذه المنطقة تكون الطاقة حوالي 6×10^{8} سعرة / م^{2} / سنة .

الكفاءة البيئية Ecological efficiency

ان حركة الطاقة خلال المجتمع أو النظام البيئي تعتمد على الكفاءة التي من خلالها يستطيع الكائن ان يستخدم الغذاء بصورة مثمرة ومن ثم يحولها إلى كتلة حية Biomass ، وهذه الكفاءة تعرف بالكفاءة البيئية Ecological efficiency . والكفاءة البيئية يمكن ان تقدر نتيجة لكل من الصفات الداخلية (الفسيولوجية) والصفات الخارجية للكائن الحي ، وبمعنى أدق العلاقات البيئية للمحيط الذي يتواجد فيه الكائن الحي . ولغرض معرفة الأسس البايولوجية للكفاءة البيئية فانه يجب تجزئة الوحدات الأساسية في السلسلة الغذائية إلى مكوناتها كما هو موضح في الشكل (1−7) .

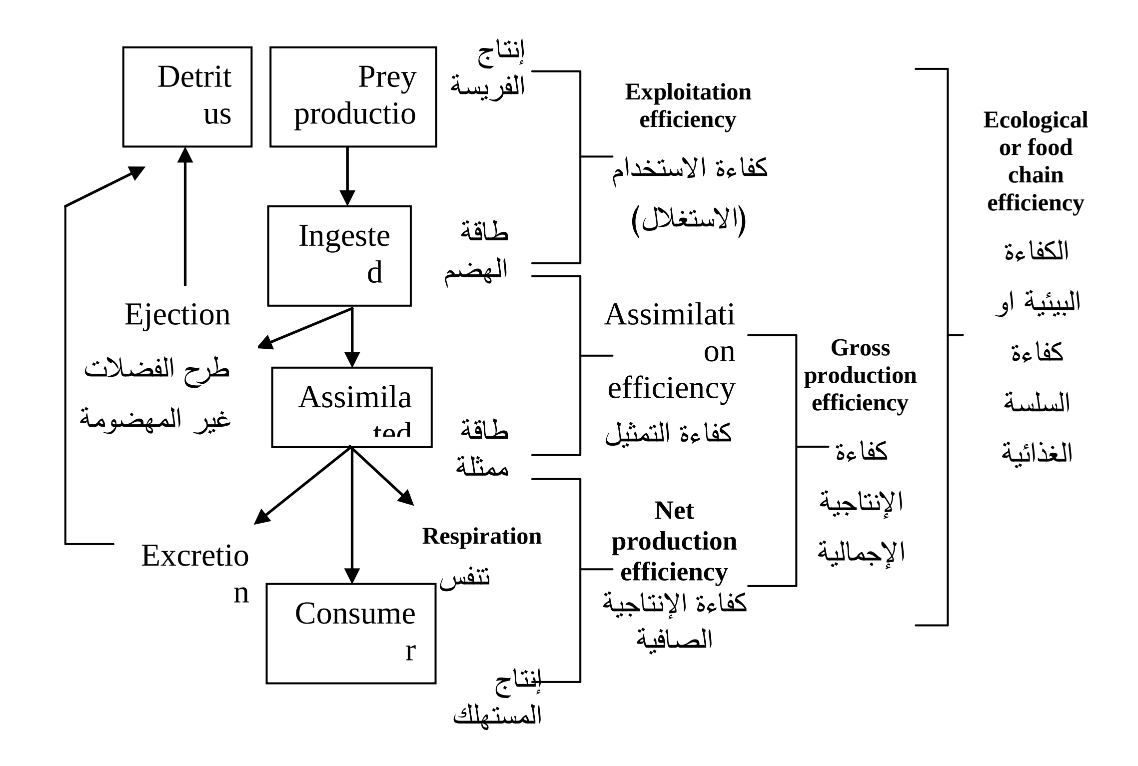


الشكل (1−7): صورة توضيحية لمجتمعات نباتية وحيوانية في بركة صغيرة (Miller 1975)

ان الكفاءة البيئية تعتمد على كفاءة ثلاث مراحل أساسية في انسياب الطاقة وهي − :

1. كفاءة الاستخدام الأمثل والمثمر للطاقة Exploitation efficiency .
2. كفاءة التمثيل Assimilation efficiency .
3. كفاءة الإنتاجية الصافية Net production efficiency .

ان ناتج مجموع كفاءة التمثيل والإنتاجية الصافية سيكون كفاءة الإنتاج الصافي والتي تمثل النسبة المئوية للمادة الغذائية التي تبادلها الكائن وتحول إلى كتلة حية . أما ناتج كفاءة الاستخدام الأمثل للطاقة والإنتاجية الكلية فانها تعطي كفاءة السلسلة الغذائية أو الكفاءة البيئة والتي يمكن تحويلها إلى كتلة حية للكائنات المستهلكة (الشكل 1-8) .

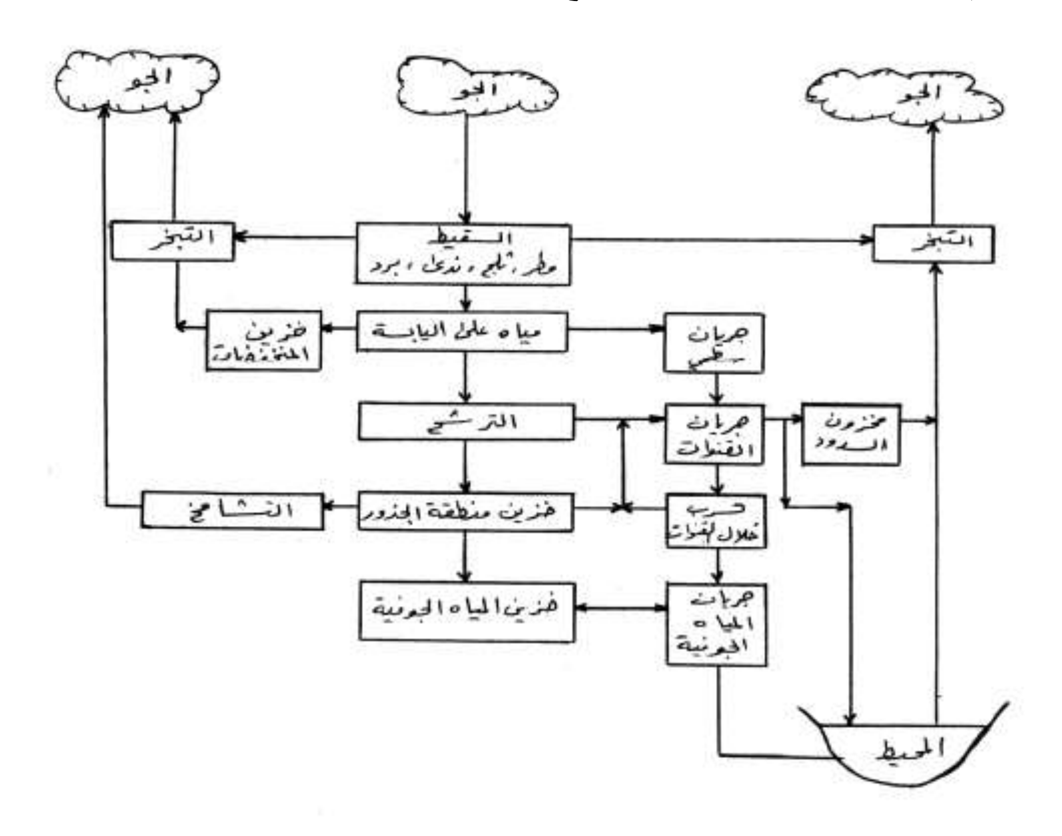


الشكل (1-8) : علاقات الكفاءة البيئية (بعد مولود وجماعته 1993)

الدورة الهايدرولوجية Hydrological cycle

تشمل الدورة الهايدروجية (الشكل 9-1) على مركبات أساسية مثل السقيط والتبخر والتشامخ والترشيح والجريان السطحي الجوفي ، وتكون حركة الماء خلال مختلف أطوار هذه الدورة غير منتظمة أو ثابتة بالنسبة للزمان والمكان مما يتسبب في حصول موجات من الجفاف أو الفياضانات . ويعُد مقادير وتكرار هذه الموجات ذا أهمية كبيرة

بالنسبة للمهندس والهايدرولوجي حيث يعتمد عليها في تصميم وتشغيل المشاريع المائية وتستخدم هنا نظرية الاحتمالات بشكل واسع لغرض تحليل الجريان او الامطار .



الشكل (1−9) : الدورة الهايدرولوجية (أ.د. رياض الدباغ/ اتصال شخصي)

من هنا تبين أن الدروة الهايدرولوجية دورة معقدة جداً . ولكن وتحت ظروف معروفة ومحددة يصبح بالإمكان حساب استجابة منطقة الجابية للأمطار أو الترشيح والتبخر بافتراض فرضيات بسيطة . فعلى سبيل المثال إذا كان معدل سقوط الأمطار فوق منطقة الجابية اقل من معدل الترشيح وبوجود خزين كاف في رطوبة التربة ،فان السيح السطحي المباشر سيكون صفراً . من جهة اخرى اذا كانت الامطار السابقة قد ملأت فجوات التربة وسقطت الامطار في هذه الحالة بمعدل اكثر بكثير من معدلات التبخر والترشيح ، فان حجم السيح السطحي سيكافئ حجم الامطار . ولكن لسوء الحظ فان

سقوط الامطار في اكثر من مركبات الدروة الهايدرولوجية للتنبؤ بمقدار استجابة منطقة الجابية .

هذه الأمور توجب على المهندس او الهايدرولوجي حساب او تخمين مختلف مركبات الدورة الهايدرولوجية لغرض اعداد التصاميم الصحية لمشاريع المياه . فالمشاريع الهايدرولوجية الكبيرة يجري تصميمها بالاخذ بالاعتبار الاضرار المترتبة عن موجات الجفاف او الفيضان ويتم تشغيلها على هذا الاساس ز ومن بين القايا المهمة التي ينتبه اليها المهندس او الهايدرولوجي ما يأتي :

1. تصاريف الفيضان المتوقعة عند المسيل امائي او برامج الطرق .
2. سعة الخزان المطلوبة للوفاء بمتطلبات الزراعة والري و الانشطة المدنية .
3. تأثيرات السدود وغيرها من اعمال السيطرة على تصاريف الفيضانات في الانهار .
4. تاثيرات التنمية الحضرية المستقبلية على منظومة البزل وغيرها .
5. تثبيت مناسب الفياضانات المتوقعة لغرض جماية المنشآت من خطر الفياضانات ...الخ.

عادة ما تستخدم المعادلات الرياضية لوصف الدورة الهايدرولوجية . وتمثل المعادلة ادناه ابسط هذه المعادلات وهي مشتقة لوصف مستوى مائل غير نفاذ ومحصور من الجهات الاربع ذات منفذ واحد .

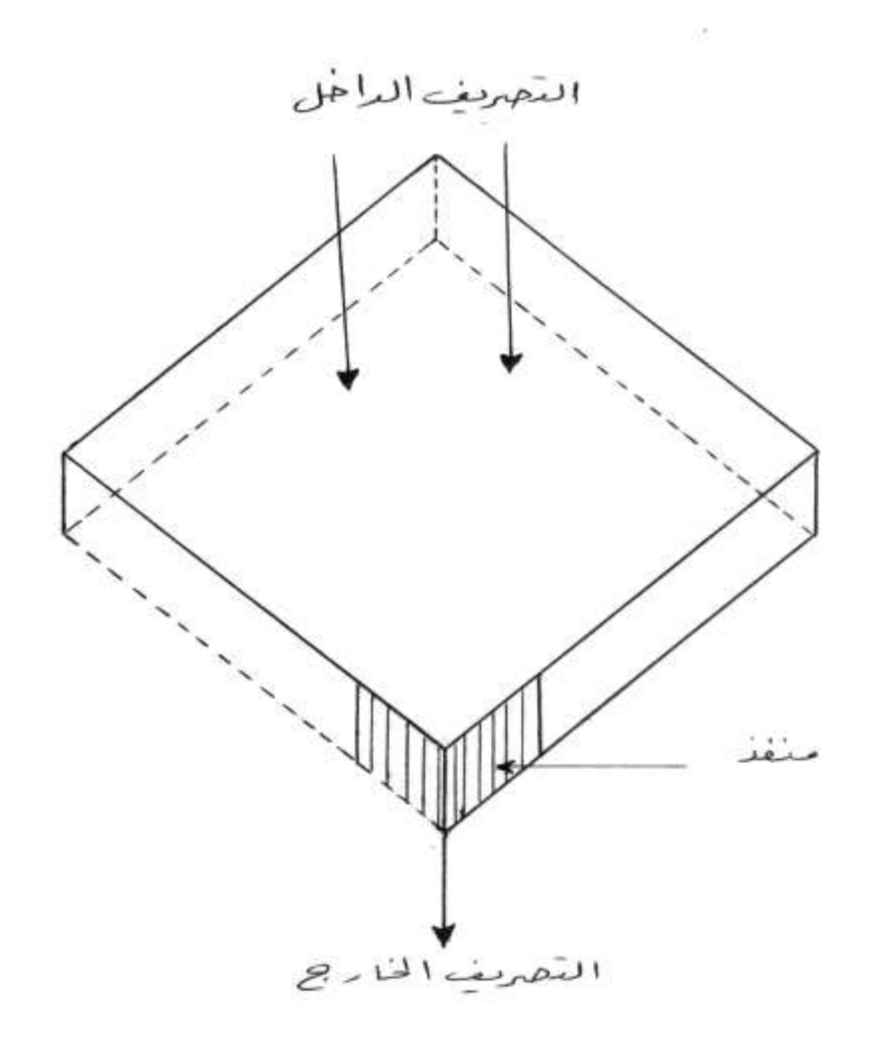
$$\mathbf{I} - \varphi = \frac{ds}{ds}$$

حيث

I = معدل التصريف الداخل بوحدات حجم / زمن .
φ = معدل التصريف الخارج بوحدات حجم / زمن .
ds/dt = تغاير الخزن بوحدات حجم / زمن.

وتتراكم الامطار فوق الارض يزداد فترة مكوثها وتصبح معدل الامطار الساقطة بمثابة تصريف خارج وكما في الشكل (1−10) . ويمثل الفرق بين التصريف الداخل

المتراكم والتصريف الخارج عند أي لحظة التغاير في الخزن . من هنا فان المنطقة المضللة تمثل الحجم المتحرر من الخزين .



الشكل (1−10) : يبين التصاريف لسقوط الامطار (أ.د. رياض الدباغ/ اتصال شخصي)

يمكن تطبيق نفس المبدأ على الحواض الصغيرة او مساحات الجابية الكبيرة فالمعادلة ادناه تمثل الموازنة الكلية للشكل (1−9) .

$$P-R-G-E-T = AS$$

حيث

P = السقيط .

R = السيح السطحي .

G = تصريف الماء الجوفي .

E = التبخر .

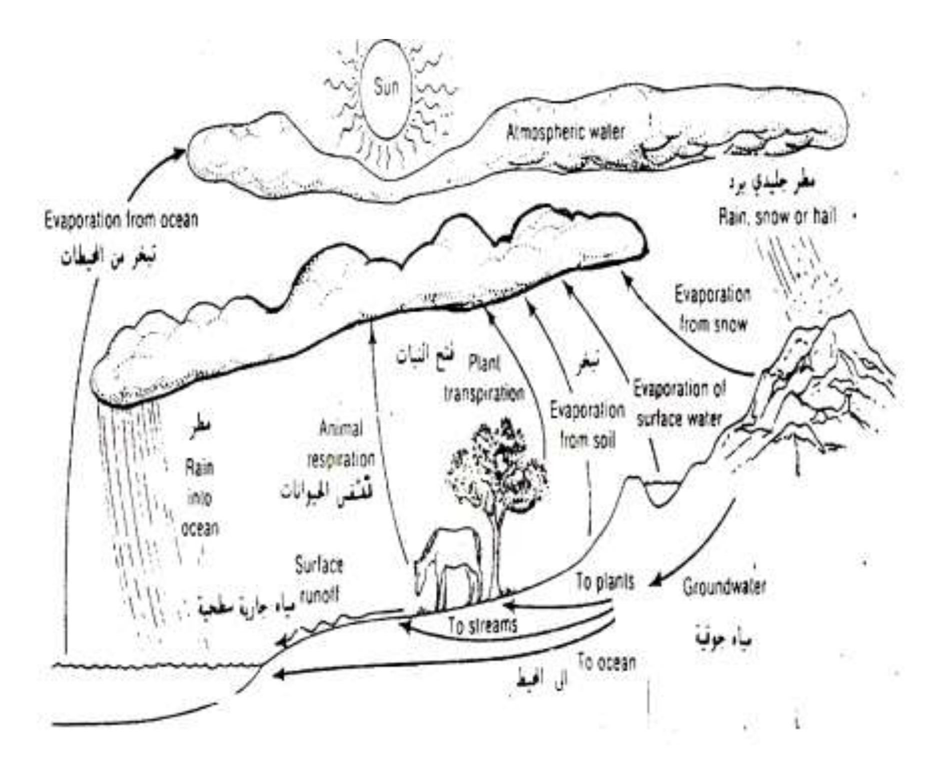
T = التشامخ .

AS = تغاير الخزن .

ومن الجدير بالذكر هنا ان الإنسان بتداخله في موازين الطبيعة يحدث خللا في الدورة الهايدرولوجية لذلك فمن الضروري أن يدرك المهندس او الهايدرولوجي مختلفة أنماط الخزين والانتقال في هذه الدورة ليمكن بتأثيرات التغيرات الحاصلة .

يُعد السقيط اكثر العوامل أهمية في الدورة الهايدرولوجية نظرا لان تغايره في الشدة والاستدامة يحدد إلى درجة كبيرة من استجابة منطقة الجابية . ولما كانت هذه الدورة معقدة كما سبق التطرق أليه فقد استحدثت واستنبطت برامج حاسبية بوساطة الحاسوب بإمكانه تحليل البيانات المتعلقة بهذه الدورة .

هذا ويمكن تتبع دورة الماء في الطبيعة في الشكل (1−11) .



الشكل (1−11) : دورة الماء في الطبيعة

الصفات الفيزياوية والكيمياوية للماء :

قبل تناول دراسة العوامل البيئية المائية لابد من التطرق إلى صفات الماء الفيزياوية والكيمياوية والتي تلعب دورا مهما وأساسيا في تفهم تأثير العوامل البيئية في توزيع الأحياء المائية وسلوكها ونموها .

أولاً: الصفات والخواص الفيزياوية

1. **خواص الماء الحرارية** Water thermal properties

يمتاز الماء بدرجات انصهار وغليان وحرارة نوعية وحرارة تبخر اعلى من السوائل الاخرى مما يدل على ان القوى التي تربط جزيئاته تسبب تماسكا نسبيا عاليا في داخله .مثلا نجد ان الماءذو حرارة تبخر 540 سعرة / غرام اعلى بكثير من الميثانول 263 سعرة / غرام والايثانول 204 سعرة/غرام ةالاسيتون 125 سعرة / غرام والبنزين 94 سعرة / غرام والكلوروفورم 59 سعرة / غرام . وتعد حرارة التبخر مقياسا مباشرة لمقدرا الطاقة اللازمة لفصل قوة الجاذبية الموجودة بين الجزيئات المتجاورة بحيث تستطيع الجزيئات ان تبتعد عن بعضها البعض وتصبح غازاً .

ويعتبر الماء ذا سعة حرارة عالية مقارنة بالسوائل الاخرى . حيث تعرف السعة الحرارية بكمية الحراة اللازمة لرفع حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة. فان زيادة كبيرة للحرارة ينتج عنها ارتفاع بسيط نسبيا في درجة حرارة الماء . لذا يعتبر الماء ذا قابلية جيدة في الاحتفاظ بحرارته رغم تذبذب درجة حرارة المحيط . ويعمل الماء بذلك كمحلول واق Buffer ضد المتغيرات الواسعة في درجة الحرارة حيث يلاحظ ان المسطحات المائية تتغير درجة ببطء نسبيا .

ولهذه الخاصية للماء اهمية حياتية كبيرة حيث ان معظم الاحياء المائية لاتتحمل التغيرات الكبيرة في درجات الحرارة وبذلك تساهم في تضييق مدى التغير في درجة الحرارة حيث تعمل السعة الحرارية للماء الى اثبات وزن جزيئي قليل . ولولا هذه الصفة لكان احتمال انعدام الماء كسائل من سطح المعمورة وتسربه الى الفضاء الخارجي .

وتتأثر عدد من انواع الاحياء المائية بحرارة المياه التي تعيش فيها من خلال تأثر فعاليات خلاياها التي تتم في مديات معينة من درجة الحرارة .

ويعد الماء الحار اقل كثافة من الماء البارد ويكون اعلى كثافة في درجة حرارة 4 درجة مئوية . ففي ايام الخريف على سبيل المثال يكون سطح البحيرات باردة نسبيا لذا فان الطبقات العليا تغطس وتحل محلها المياه الاعلى حرارة والاقل كثافة والتي تحتها وتستمر هذه العملية لغاية تجانس الحرارة بين القاع والطبقات العليا .

ويتقلص حجم معظم السوائل وتزداد كثافتهاعند هبوط درجة الحرارة حيث عند انجمادها تقترب جزيئتها من بعضها ويغوص الجليد الناتج . اما في حالة الماء فبالعكس من ذلك اذ يزداد حجمه وتقل كثافته عند انخفاض درجة حرارته الى برودة معينة . ويعنيهذا بان الجليد يميل الى الطوفان بدلا من الغوص . لذا فان الاحياء التي تعيش في قاع البحيرات تكون محمية من الانجماد مما يدعم بقاءها ولولاطفو الجليد على السطح لتحول المحيط الى منطقة مجمدة صلبة مما يحدد نمو الاحياء المائية وانتشارها .

2. **الضوء** Light

ان الماء عاكس جيد للضوء مقارنة باليابسة . وتتعرض الحزم الضوئية الى امتصاصات مختلفة عند نفاذها في الماء فان قسما منها تمتصه الصبغات المختلفة الموجودة في النباتات ومنها الطحالب . وبذلك ينتج تغير في نوعية الضوء تبعا للعمق. ويمتص الماء سريعا اقصر الموجات الضوئية من الضوء المرئي Light والذي مصدره من الشمس. وكذلك يمتص الماء موجات ضوئية اطول وتكون اكثر تاثيرا من الموجات القصيرة. فالضوء الذي ينفذ لبحيرة ما الى اجزاء عميقة منها فقيرا من الحزم الحمراء والبرتقالية التي تعتبر اساسا لعملية البناء الضوئي، الا انه يكون غنيا بالحزم الخضراء ولحد ما بالحزم الزرقاء اذا ماقورن مع الضوء الساقط عند سطح البحيرة نفسها. ولهذا فان الطحالب المتواجدة في الاجزاء العميقة من المنطقة المضيئة Photic zone سوف لاتحصل على نفس نوعية الضوء التي تحصل عليها في الطبقات العليا من نفس المسطح المائي .

3. **الضغط** Pressure

من صفات الماء الفيزياوية هي عدم قابليته للانضغاط لذلك لاتوجد زيادة كبيرة في كثافته بزيادة العمق مما يعني بان اية مادة ذات كثافة نوعية اعلى من الماء سوف تغطس الى ان تصل الى القعر لذلك المسطح المائي . ان اية مادة تغطس تحت سطح

الماء بضغط اضافي يعادل ضغط جوي واحد لكل (10) امتار . وغالبا مايكون الضغط داخل الحيوان المائي معادلا للضغط الخارجي .

ويزداد الضغط في المحيطات بمعدل ضغط جوي واحد لكل عشرة امتار عمقا. ويصل اعلى قيمة له والي(1000) ضغط جوي في اعمق منطقة في المحيطات . ومع ذلك تتطبع الاسماك لمثل هذه الظروف حيث تؤدي المثانة الهوائية دورا في التعادل مع تغيرات الضغط الخارجي . وعند زيادة الضغط الخارجي سوف تتقلص المثانة الهوائية وعند نقصانه سوف تتمدد . وبالسيطرة على كمية الغاز في المثانة يكون الوزن النوعي Specific gravity للأسماك في نفس المستوى مع المياه المحيطة .

وغالباً ما تكون التغيرات في الضغط حاجزاً للحركة العمودية للحيوانات. وتكون الغازات اكثر ذوباناً في الماء في الضغط العالي منه في الضغط الواطئ . لكن الغازات الجوية لا تتواجد في أعماق المياه.

ولو أن الضغط عالٍ جداً في أعماق المياه فأن الغازات المذابة تكون مفقودة والأوكسجين المذاب أقل تجهيزاً لأسماك المياه العميقة .

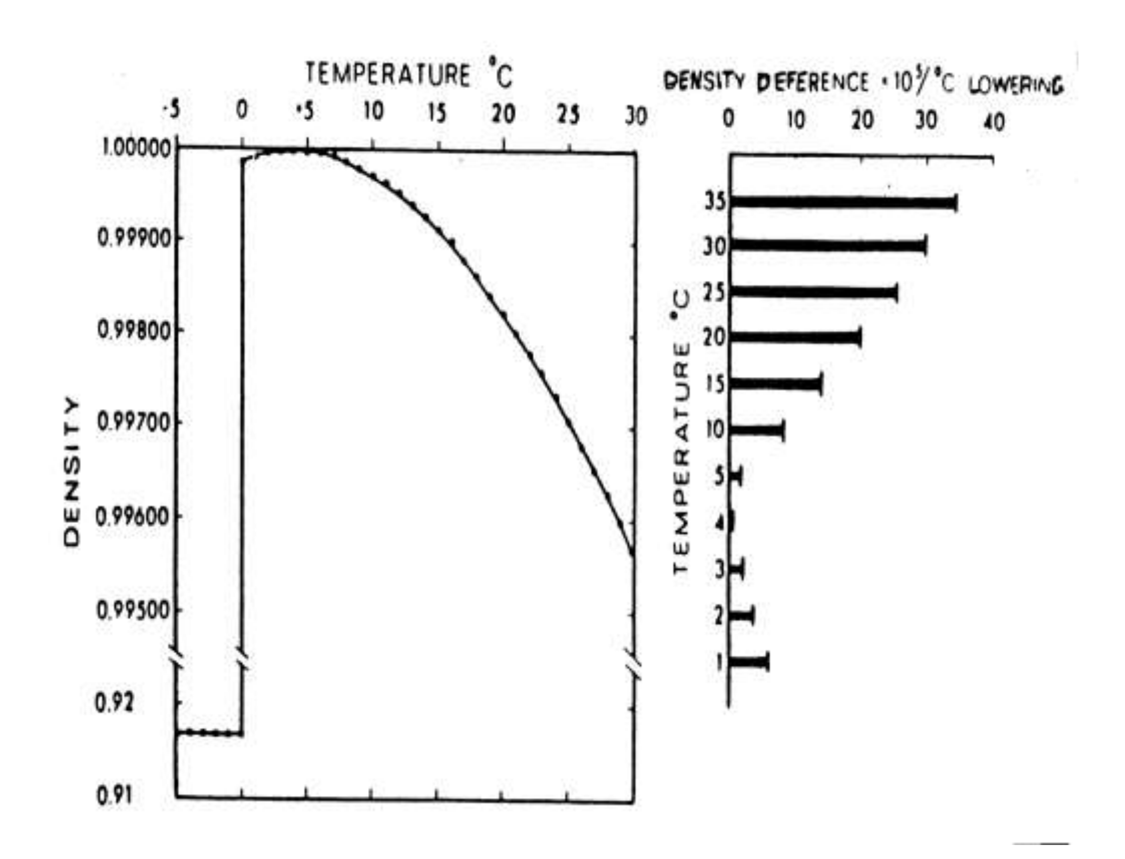
كما أن للضغط تأثيراً على درجة حرارة الماء . وتكون درجة الحرارة في أعماق المياه أكثر منها في حالة الضغط القليل . ونظرياً لابد من أن التغيرات البسيطة في درجات الحرارة لها بعض التأثيرات على أنواع الأحياء التي تعيش في المحيط ولكن التأثيرات الحقيقية لجميع الحالات لا تزال غير معروفة .

4. **اللزوجة والكثافة** Viscosity and Density

تختلف لزوجة الماء باختلاف درجة حرارته . واللزوجة عبارة عن قابلية السائل على الانسياب. وقد تعادل لزوجة الماء عند نقطة الانجماد الضعف مقارنة مع الماء في درجة حرارة 25 درجة مئوية. وتؤثر هذه الصفة على غطس الأجسام الصغيرة وقابلية الأحياء الصغيرة في تثبيت موقعها في عمود الماء . كما تتأثر لزوجة الماء بدرجة قليلة بملوحته . وتشكل لزوجة الماء حوالي مئة مرة لجزء من المقاومة لحركة الكائن الحي أو أية جزيئة مقارنة بالهواء . وتعتمد على السطح المعرض والسرعة ودرجة الحرارة والتركيب الكيمياوي للسائل . كما أن الأحياء المائية المتحركة عليها إعطاء طاقة كبيرة للسيطرة على التغيرات في لزوجة الماء . وتتأثر نسب الغطس وتوزيع الأحياء المائية كالهائمات والجزئيات المترسبة بوساطة التغيرات ذات العلاقة باللزوجة والكثافة .

في درجة الحرارة والضغط القياسيين (الصفر المئوي و760 مليمتر زئبق على التوالي)، تكون كثافة الماء أكثر بحوالي 775 مرة أكثر من الهواء . وهذه الكثافة العالية للماء تدعم صفة التعويمية للأحياء المائية ضد شد الجاذبية الأرضية وبذلك سوف تقلل من كمية الطاقة التي يجب أن يوفرها الكائن الحي لدعم إبقاءه في موقعه . وهذه الصفة تلاحظ في العديد من الحيوانات التي تعيش في المياه العذبة خاصة اللافقريات الواطئة .

وتقدر كثافة الثلج في درجة الصفر المئوي بحدود (0.9168) ويعتبر تقريباً (8.5%) أخف من الماء السائل في درجة حرارة الصفر المئوي . وتزداد كثافة الماء إلى أعلى قيمة (1) في درجة حرارة (3.89) درجة مئوية . ويوضح الشكل (1−12) علاقة درجة الحرارة وكثافة الماء . ويوضح الجدول (1−3) علاقة الملوحة وكثافة الماء حيث تزداد الكثافة بزيادة تركيز الأملاح الذائبة .



الشكل رقم (1–12) : يمثل الكثافة (غرام بالملليتر) كدالة لدرجة حرارة الماء المقطر تحت ضغط جوي واحد . ويظهر على الجانب الايمن من الشكل الفرق في كثافة الماء لكل درجة مئوية انخفاض ولدرجات حرارية مختلفة .(Wetzel 1983)

الجدول رقم (1–3) : التغيرات التقديرية في كثافة الماء عند درجة حرارة 4 درجة مئوية مع المحتوى الملحي (Wetzel 1983)

الملوحة (جزء بالالف)	الكثافة (غرام لكل مليمتر)
صفر	1
1	1.00085
2	1.00169
3	1.00251
10	1.00818
35 (معدل كماء البحر)	1.02822

5. **التوصيل الكهربائي** Electrical conductivity

كما هو معروف فأن التوصيل الكهربائي للماء يعتمد على المواد المذابة به (الالكترولايت Electrolytes) بشكل رئيسي . لذا فأنه يتناسب طردياً مع المواد المذابة. ويعبر عن التوصيل الكهربائي بكمية المايكروموز بالسنتمتر (µmhos/cm). ولما كانت الحرارة مؤثرة في التوصيل الكهربائي فأن المعايرة أو التعديل Standarization تعمل عادة إلى درجة الحرارة 20 درجة مئوية للمقارنة بين القراءات المختلفة. ومن الناحية العملية تكون قيمة التوصيل الكهربائي للماء المقطر مساوية إلى الصفر بينما للمياه الجارية على صخور غنية بالأملاح الذائبة ذات قيمة توصيلية عالية .

6. **التعويمية** Buoyancy

يعتبر الماء ذا وسط تعويمي أو طوفي كبير باعتباره أكثف من الهواء . وهذه الصفة تساعد الأحياء المائية للوصول إلى المياه السطحية مما يقلل وزنها الحقيقي ويؤثر في تركيبها كما تستفيد الحيوانات في معيشتها في أعماق مختلفة مما يسهل عليها الحصول على غذائها والمحافظة على حياتها .

أن كثافة البروتوبلازم والجدار الخلوي والاصداف والهيكل العظمي أكثر كثافة من ماء البحر لذلك تميل الأحياء المائية إلى الغطس. لذا فأن هذه الأحياء تجابه صعوبة للمحافظة على نفسها بشكل يطفو في المستوى المطلوب لدعم معيشتها. فالهائمات النباتية على سبيل المثال يجب أن تبقى قريبة من السطح لكي تحصل على إضاءة كافية لعملية البناء الضوئي ، لذا فأنها تموت عندما تغطس تحت المنطقة المضيئة Euphotic zone عندما تستهلك الغذاء المخزون في أجسامها. وفي الحيوانات التي لاتعتمد بشكل مباشر على الضوء لكنها معظمها من الحيوانات السطحية Pelagic fauna ضمن العواشب الهائمة الصغيرة Herbivorous plankters تتغذى على الهائمات النباتية لذلك عليها البقاء قريبة من السطح لكي تحصل بسهولة على غذائها . ورغم عدداً من العواشب لاتبقى بصورة مستمرة في الطبقة المضيئة فأنها تتحرك خلال عمود الماء صعوداً ونزولاً . كما يتحرك كذلك عدداً من الحيوانات أكلات اللحوم Carnivores إلى الأعلى وإلى الأسفل في مديات مختلفة من الحرارة والضغط بحثاً عن الغذاء.

وهناك طريقتان بشكل عام لكي تحافظ الأحياء السطحية Pelagic organisms على نفسها طافية وهما السباحة والسيطرة على التعويمية . ويوجد مدى واسع من الأحياء البحرية الصغيرة منها والكبيرة التي تسبح وتسيطر على مستويات اجسامها بوساطة هذه الخاصية . فمثلاً تحافظ طحالب السوطيات الدوارة Dinoflagellates على تواجدها قرب السطح وباندفاعات متكررة خلال السباحة إلى أعلى بالتبادل مع فترات قصيرة من الراحة تغطس خلالها ببطء . وتبدو حيوانات مجذافية الأرجل Copepods من القشريات سابحة بصورة عامة وغالباً بشكل مستمر في حركة ثابتة مع حركات مفاجئة أحياناً . كما أن عدداً من الهائمات الحيوانية القشرية Crustacean تسبح غالباً بصورة متواصلة وقد تغطس بسرعة حال توقفها في السباحة. وبعض الأنواع الأكثر تغلباً من الأسماك السطحية تكون طافية بوساطة السباحة وعلى سبيل المثال فأن معظم أنواع الأسماك الغضروفية Cartilaginous وبعض الأسماك العظمية Teleosts المتضمنة السمك البحري من نوع الاسقمري Mackerel وبعض أنواع أسماك التونة Tunnies . وقد تحوي بعض الحيوانات السطحية على غازات في أجسامها تساعدها على الطوفان وحالات أخرى تكون الحيوانات كبيرة نسبياً ولكنها خفيفة الوزن أو قرصية الشكل تطفو كذلك على السطح .

7. **الشد السطحي** Surface tension

تُعد صفة الشد السطحي من الصفات الفيزياوية المهمة خاصة للإحياء المائية الصغيرة. حيث تتمكن الحشرات المائية من خلال الشد السطحي من إسناد أجسامها على سطح الماء . وتستطيع الديدان السطحية والقواقع الزحف داخل الغلاف السطحي للماء . وعند سقوط الحشرات على سطح الماء نراها غالباً ما تقع على الغلاف السطحي بسبب قوة الشد السطحي للماء .

والشد السطحي هو القوة التي تؤدي إلى تقلص سطح السائل ليحتل أقل مساحة ممكنة ويحصل نتيجة لقوى التماسك الداخلية Cohesive forces بين جزيئاته عند السطح والناتجة من استقطاب جزيئات الماء . ويكون الشد السطحي للماء أعلى مما هو عليه للسوائل الأخرى وهذا له أهمية بايولوجية كبيرة حيث أن الجزيئات المذابة في الماء تؤدي إلى خفض الشد السطحي وتتجمع على الحد الفاصل بين سطح الماء والسطوح الأخرى . كما تلعب هذه الصفة دوراً في ظهور الغشاء البلازمي وحركة الجزيئات عبر هذا الغشاء . كما له دور مهم أيضاً في قوة التماسك بين جزيئاته في صعود الماء والأملاح المذابة خلال الأوعية الخشبية في النباتات الوعائية Vascular plants .

ويكون الشد السطحي (للسطح البيني هواء – ماء) للماء النقي Pure water أكثر من أي سائل آخر عدا الزئبق. ويقل بزيادة درجة الحرارة ويزداد قليلاً بوجود الأملاح الذائبة كما موضح في الجدول (1–4).

كما أنه أقل بصورة ملحوظة عند إضافة المواد العضوية وتنعكس هذه الظاهرة في البرك وأجزاء من المياه العذبة عندما تتركز المادة العضوية فيها كما في الجدول أعلاه . فالشد السطحي للمياه النقية التي تحتوي نسبياً على طحالب قليلة مختلفاً قليلاً عن الماء المقطر . وفي مياه المستنقعات الحاوية على مركبات عضوية ذائبة كثيرة فيظهر انخفاضاً في الشد السطحي من 6–7 داين بالسنتمتر الواحد كمعدل بينما يكون نمو الطحالب الطافية أو النباتات المائية العليا كبيراً .

أن تركيز المادة العضوية في المياه الأكثر حماية يكون عالياً ، فضلاً عن أن الجماعات الطبيعية للطحالب والنباتات المائية المغمورة Submerged تفرز مركبات عضوية بكميات كبيرة خلال عملية البناء الضوئي النشطة وكذلك خلال فترة شيخوختها

وبعد موتها وتحللها كما أن الإضافات الاصطناعية للملوثات العضوية Senescence
إلى المياه العذبة تأثيرات واضحة على الشد السطحي .

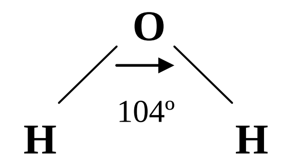
الجدول رقم (1−4) : الشد السطحي للماء مع التغيرات في درجة الحرارة، ويبين كذلك انخفاضه في المياه الطبيعية تحت ظروف مختلفة (Wetzel 1983)

درجة الحرارة (مئوية)	الشد السطحي للماء (داين للسنتمتر)	الظروف	مدى الانخفاض في الشد السطحي (داين للسنتمتر)
المياه النقية	(Pure water)		
صفر	75.6	البحيرات المتوسطة المحتوى بالمواد المغذية (Oligotrophic lakes)	صفر −2
5	74.9	البحيرات الغنية بالمواد المغذية (Eutrophic lakes)	صفر − 20
10	74.4	المستنقعات (Bog lakes)	صفر − 20
15	73.5	مياه بحيرة مع وجود الرغوة	2−9
20	72.7	قرب النباتات المائية ذات الاوراق الطافية	5−20
25	72.0	قرب النباتات الغاطسة	1−2
30	71.2	خلال ازدهار الطحالب الخضراء المزقة	5−20
35	70.4	اعالي البحار (open sea)	اقل من 1
40	96.6	ميناء ذو الحركة الكثيفة بالقوارب	15−اكثر من 20
مياه البحر	(Sea water)	قرب الساحل الطيني	6−20
O	75.0		

ثانياً : الصفات والخواص الكيمياوية

1. الماء كمذيب Solvent

تعتمد خاصية الماء كمذيب كونه جزيئاً مستقطباً Polar molecule . ويعني هذا بأن توزيع الشحنة الكهربائية فيه ثابتة بوضعية تجعل مركزي الشحنة السالبة والموجبة مفصولين بمسافة قصيرة. إذ أن تشكيلة جزيء الماء تترتب فيها ذرات الهايدروجين والأوكسجين بصورة غير متناظرة وليست باستقامة واحدة .



وللأوكسجين شحنة سالبة بينما للجزئيان الآخران الحاويان الهايدروجين لهما محصلة شحنة موجبة. لذا فالجزيء ككل له ظاهرة الاستقطاب Polarization . فالماء يضعف جداً الجذب بين الأيونات ذات الشحنات المتضادة وذلك لأنه يجذب هذه الشحنات بسبب امتلاكه شحنات موجبة وسالبة . وكما يحدث عند وضع بلورة من ملح الطعام في الماء ، فالماء يقلل شدة الجذب بين أيونات الصوديوم وأيونات الكلور وتكون النتيجة انفصال هذه الأيونات وذوبانها في الماء . فضلاً عن انفصال الأيونات فأن جزئيات الماء يحيط بها أو تتجمع حولها تمنعها من الالتقاء أو الاتحاد مرة أخرى ولهذا يعتبر الماء مذيباً جيداً للجزئيات المستقطبة والبلورات المكونة من أيونات . ولهذه الخاصية أهمية بايولوجية مهمة جداً حيث أن جميع التفاعلات الحيوية الكيمياوية في الخلية تتم في وسط مائي .

وتفسر استقطابية جزيئات الماء تجمع هذه الجزئيات أو اتحادها مع بعضها بأن ذرة الهيدروجين الموجبة من جزيء الماء قد تنجذب إلى ذرة الأوكسجين السالبة بجزيء آخر مما يؤدي إلى تكوين مجاميع صغيرة من الماء . أن هذا الجذب بين ذرات الهيدروجين والأوكسجين لشد الجزئيات مع بعضها تدعى بالاصرة الهيدروجينية أو الربط الهيدروجيني H ydrogen bonding . ورغم ضعف هذه الأصرة إلاّ أنها تلعب دوراً هاماً في شد الجزئيات العضوية .

2. المواد الذائبة Dissolved substances

كما جاء في أعلاه فالماء مذيب جيد ، لذا فأن المواد الكيمياوية تذوب في الماء أكثر من أي سائل في الطبيعة . وتعتمد نوعية المواد المذابة وكميتها على الخواص الجيولوجية للمنطقة التي يتواجد فيها الماء. وتشكل الكلوريدات والكبريتات والكربونات والفوسفات والنترات من المواد الرئيسية المتواجدة في المحلول وعادة ترتبط مع الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم .

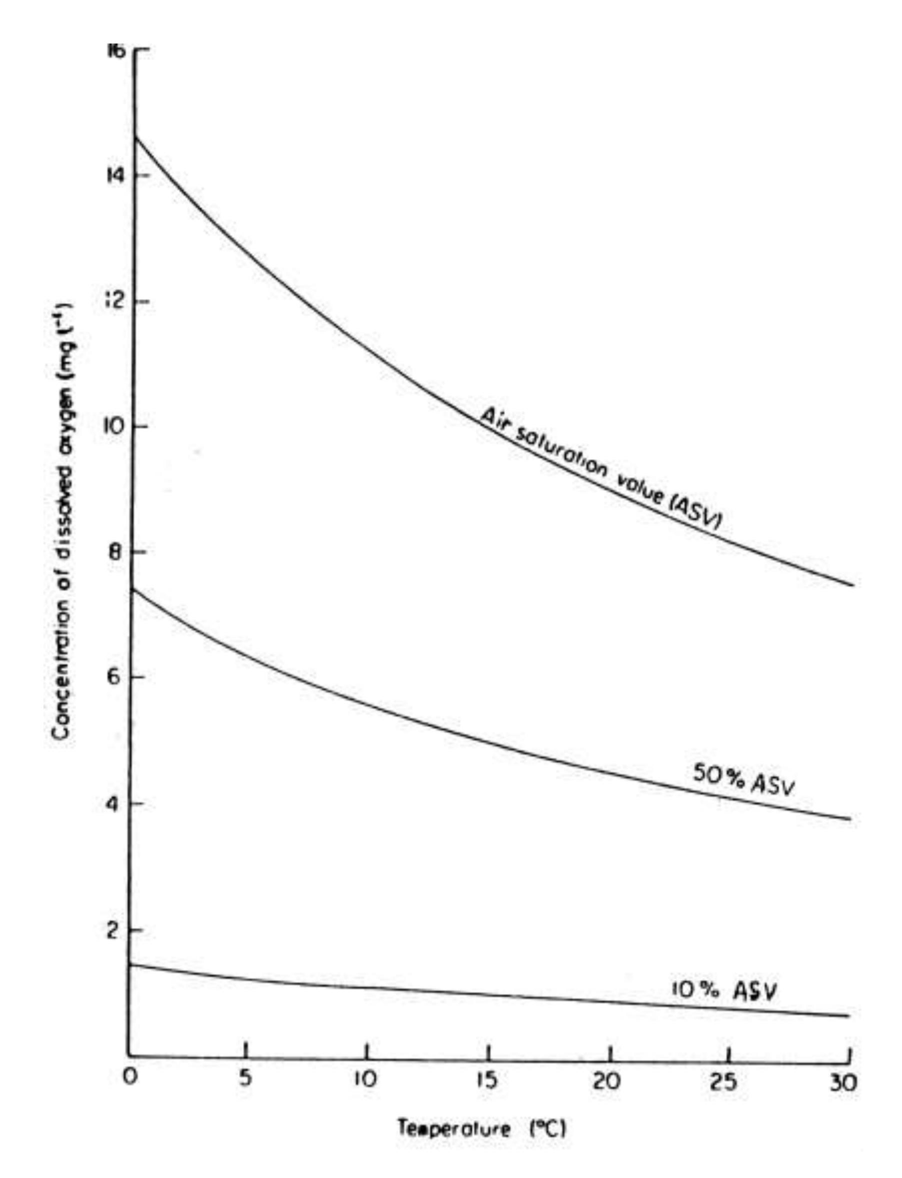
وتحتوي المياه اليسرة والحامضية على تراكيز قليلة من الكالسيوم والمغنيسيوم والكربونات والكبريتات في حين تحتوي المياه العسرة والقاعدية على تراكيز عالية من هذه المواد . وتتواجد المياه اليسرة في الأراضي المبزولة الحامضية بينما تتواجد المياه العسرة في الأراضي الحاوية على حجر الكلس أو الأراضي الطباشيرية . وتعرف المياه العسرة بأنها تلك التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الصابون لتكوين الرغوة في حين أن المياه اليسرة تكون الرغوة بسهولة وبكمية أقل من الصابون .

وعادة تحتوي البحيرات والبرك القريبة من البحار على تركيز عالٍ من الكلور وذلك بسبب سقوط الأملاح من النسيم المحمل بمياه البحر. ويمكن اعتبار الزيادة في تركيز الكلور للمياه الداخلية Inland water كمؤشر من مؤشرات التلوث .

ويعُد النتروجين والفسفور من العناصر الأكثر أهمية لنمو الأحياء المائية ووجودهما في المياه العذبة عادة بتراكيز قليلة إلى درجة أن يكونا عوامل محددة Limiting factors في البيئة المائية خاصة لنمو الطحالب التي تحتاج لهما كمغذيات أساسية لنموها .

3. الأوكسجين Oxygen

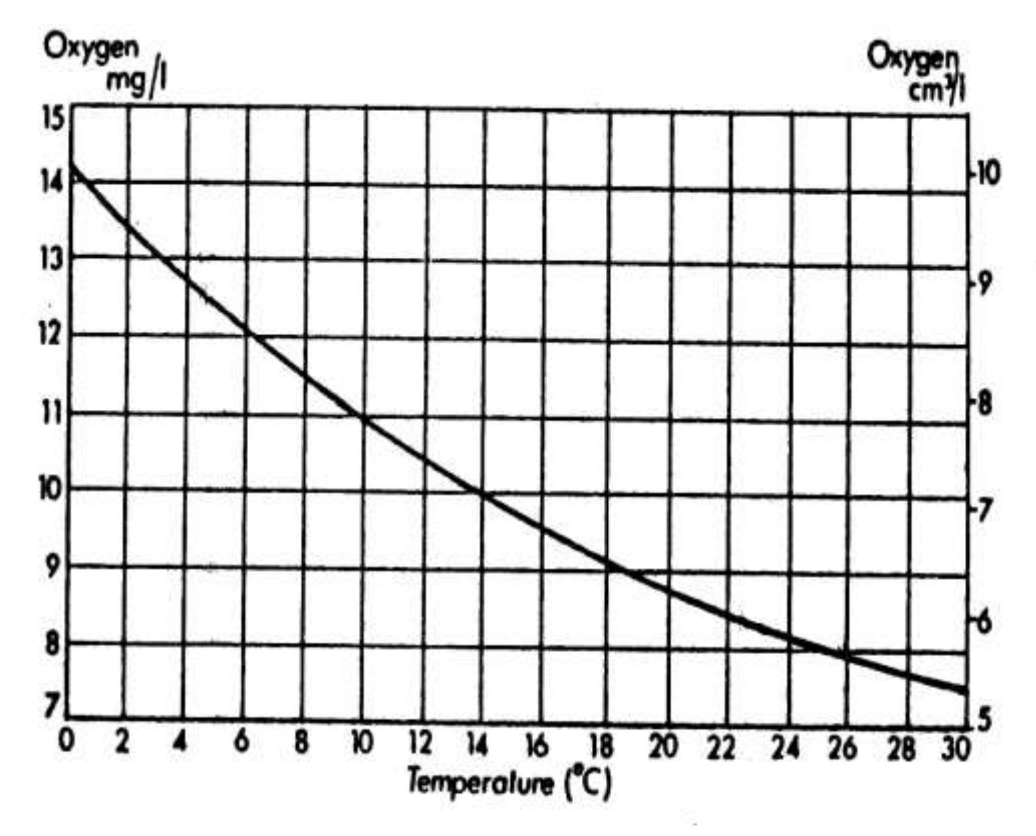
أن كمية الأوكسجين المذاب في الماء تُعد من أحدى العوامل الكيمياوية المهمة حيث تحتاج إليه الأحياء المائية في عملية التنفس لإنتاج الطاقة اللازمة لدعم نموها وإدامة حياتها. وتتحكم درجة الحرارة بكمية الأوكسجين المذاب فكلما ارتفعت درجة الحرارة كلما قلت كمية الأوكسجين المذاب وذلك بسبب قلة ذوبان الغازات عند ارتفاع درجة الحرارة (شكل 1−13).



الشكل رقم (1−13) : يبين العلاقة بين درجة الحرارة وتركيز الاوكسجين الذائب في الماء
(Brown 1975)

وقد وجد أن تركيز الأوكسجين المذاب في الماء للمناطق الاستوائية Tropical regions أقل منه للمناطق المعتدلة Temperate regions . كما أن سرعة استغلال

الأوكسجين من قبل الأحياء المائية وكذلك تحلل المادة العضوية يكون أعلى بسبب الحرارة العالية. أي أن كمية الأوكسجين الممكن تواجدها في حجم معين من الماء في حالة التعادل تقل كلما ارتفعت درجة الحرارة . ويمكن التعبير على تركيز الأوكسجين كنسبة مئوية عند تشبع الماء تحت الضغط الاعتيادي وفي درجة حرارة معينة (الشكل



.(14−1

الشكل (1−14) : كمية الأوكسجين للماء المشبع بالهواء تحت ضغط جوي اعتيادي 760 ميللتر زئبق (Mills 1972)

ويحتوي اللتر الواحد من الماء على 100 جزء من المليون من الأوكسجين تقريباً في درجة حرارة الصفر المئوي وتحت الظروف الاعتيادية . ويقل هذا التركيز مع الارتفاع في درجة الحرارة حيث يصل إلى 65 جزء من المليون في درجة حرارة 20 درجة مئوية . وعند وجود النباتات المائية بضمنها الطحالب بصورة غزيرة وتوفر ضوء الشمس لفترة من

الزمن سيؤدي إلى زيادة في الأوكسجين أكثر من الحالات الأخرى وفي درجة الحرارة السائدة ، حيث تضيف هذه النباتات كمية من الأوكسجين كناتج عن عملية البناء الضوئي . ويكون هذا التغير في تركيز الأوكسجين واضحاً في مياه البرك والبحيرات والأهوار ذات العمق القليل ويدعى هذا التغير بالنبض الأوكسجيني Oxygen pulse . وأثناء النهار تزيد عملية البناء الضوئي من تركيز الأوكسجين ويصل إلى الحد الأعلى قبل أن يحل الظلام . وخلال ساعات الليل تقلل عملية التنفس من تركيزه ويصل إلى الحد الأدنى قبل الفجر . بالإضافة إلى عمليتي البناء الضوئي والتنفس فالأوكسجين الذائب في الماء يتأثر كذلك بالاضطراب water turbulence الذي يحدث لطبقات الماء بتأثير من الرياح والأمواج وغيرها .

4. ثنائي أوكسيد الكربون Carbon dioxide

ينتج غاز ثنائي أوكسيد الكربون من خلال تحلل المادة العضوية وعملية التنفس للأحياء المائية والذي يتحد كيميائياً مع الماء لينتج حامض الكربونيك الذي له دور في التأثير على قيم الأس الهيدروجيني أو تركيز أيون الهيدروجين (pH)) في الماء. وعند تحلل حامض الكربونيك سوف يعطي أيون الهيدروجيني وأيون البيكربونات . كما أن تحلل أيونات البيكربونات ستعطي أيضاً أيون الهيدروجين وأيون الكاربونات .

$$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$$

$$HCO_3^- \rightarrow H^+ + CO_3^=$$

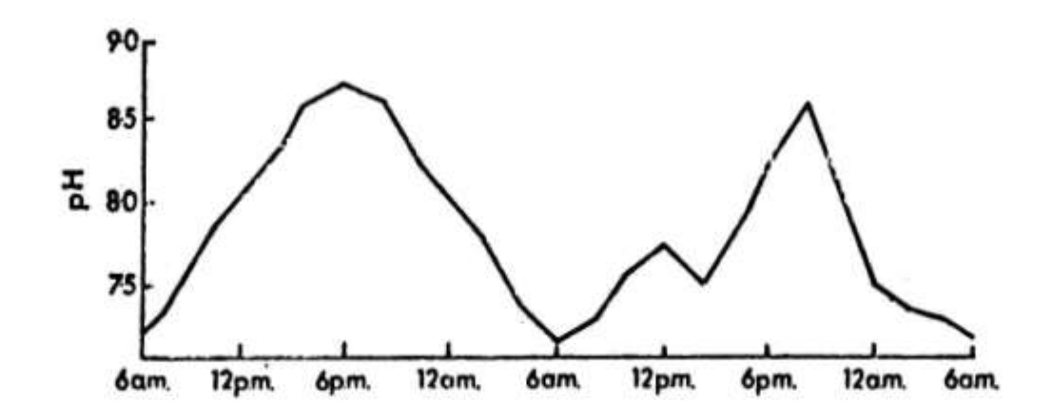
أن كمية غاز ثنائي أوكسيد الكربون الطليق في الماء تعادل تقريباً (0.5) ميلمتر في كل لتر من الماء ويكون تركيزه أعلى بكثير على شكل متأين ضمن أيونات الكربونات والبيكربونات.

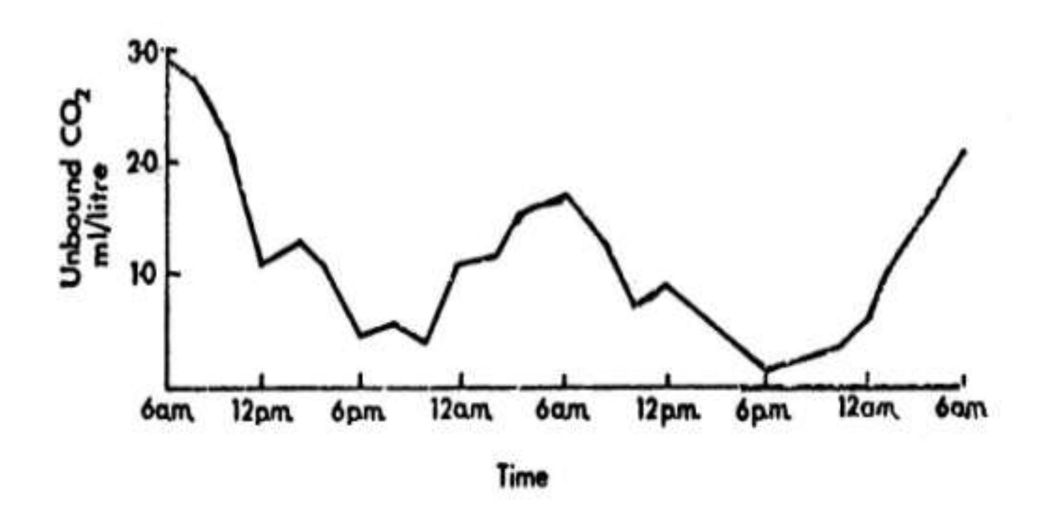
عند تحلل حامض الكربونيك سوف يزيح أيونات الهايرونيم H_3O التي تؤثر على قيمة تركيز ايون الهيدروجين للماء. وعندما يكون الـ pH حامضي للماء أي قيمته أقل من (7) فيكون معظم ثنائي أوكسيد الكربون بشكل طليق . وعند التعادل أو قريب منه (pH=7)فيكون معظم ثنائي أوكسيد الكربون على هيئة أيونات البيكربونات. وفي قيم p H العالية (القاعدية) أي أكثر من (7) يكون على شكل أيونات الكربونات . ومن ذلك يلاحظ بأن الأيونات السالبة (البيكربونات والكربونات) ستزداد في حالة القيم القاعدية

للمحيط مما يجعله مقاوم للتغيرات في قيم تركيز أيون الهيدروجين وهذا يعني عمل واقي Buffer action أو Buffing الذي يعمل على تقليل التغاير في تراكيز أيون الهيدروجين في البرك والبحيرات والأنهار. ولذا تعرف القاعدية للماء بكمية البيكربونات والكربونات في المحلول وترتبط بوجود الكالسيوم والمغنيسيوم.

تتراوح تراكيز أيون الهيدروجين (pH) في المياه العذبة بين (2–12) لكنها معظمها ذا قيمة (5,5–10) . وفي المياه الحامضية أو المياه ذات العمل الواقي الضعيف Poorly buffered waters مع وجود كميات غزيرة من النباتات المائية بضمنها الطحالب فأن عملية البناء الضوئي سوف تعمل على تقليل كمية ثنائي أوكسيد الكربون أثناء النهار والعكس في الليل حيث تعمل عملية التنفس للأحياء المائية ستزيد من كمية ثنائي أوكسيد الكربون وهذه التغيرات لهذا الغاز تسبب تغيرات واضحة في قيم الأس الهيدروجين pH . كما موضح في الشكل (1–15) وهذه تسمى بالنبض للأس الهيدروجيني pH Pulse وهذا لا يحدث في المياه القلوية لوجود الفعل الوقائي Puffering action الذي يقلل من قيمة الـ pH .

ويعتبر ثنائي أوكسيد الكربون الطليق (غير المتحد) في الماء ذات أهمية بيئية من خلال عمله في ترسيب الكالسيوم على هيئة كربونات الكالسيوم .وتعمل الحامضية على إعاقة دوران العناصر الغذائية في الطبيعة وذلك بإقلال سرعة الترسيب وتثبيط عملية تثبيت النتيروجين الجوي . كما أن المواد العضوية الغروية تترسب بوجود كربونات الكالسيوم ويزداد حجم حبيبات التربة وبذلك تتحسن التهوية والنفاذية . وفي نفس الوقت فأن قابلية هذه الغرويات تقل في إطلاق الهيدروجين وذلك بالتفاعل مع الأملاح المتعادلة ويكون ذلك ظروفاً أفضل لزيادة التحلل البكتيري للمادة العضوية التي تتجمع عند القاع .





الشكل رقم (1–15) : يبين التغيرات في تركيز ايون الهيدروجين للمياه السطحية في بركة من المياه العذبة لفترة يومين خلال او اخر فصل الصيف (الشكل العلوي) . ويبين الشكل السفلي التغيرات لتركيز ثنائي اوكسيد الكربون الذي يزداد خلال الظلام في فترة الثمانية والاربعين ساعة بسبب توقف نشاط عملية البناء الضوئي. (Mills 1972) .

5. المواد الذائبة الأخرى

وكما ذكر سابقاً فأن الماء من المذيبات الجيدة . لذا فأن المواد الكيمياوية تذوب في الماء أكثر من أي سائل في الطبيعة . وتعتمد نوعية المواد الذائبة وكميتها على الخواص الجيولوجية للمنطقة التي يتواجد فيها ذلك المسطح المائي. وتشكل الكلوريدات والكبريتات والكربونات والنترات والفوسفات من المواد الرئيسة المتواجدة والتي ترتبط عادة مع عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم.

وتحتوي المياه اليسرة Soft water والحامضية على تراكيز قليلة من الكالسيوم والمغنيسيوم والكربونات والكبريتات في حين تحتوي المياه العسرة Hard water أو القاعدية على تراكيز عالية من هذه المواد. وتتواجد المياه اليسرة في الأرضي المبزولة الحامضية بينما تتواجد المياه العسرة في الأراضي التي تحتوي على حجر الكلس أو الأراضي الطباشيرية. وتعرف المياه العسرة بأنها تلك التي تحتاج إلى كمية كبيرة من

الصابون لتكوين الرغوة بينما تتكون الرغوة بسهولة وبكمية قليلة من الصابون في المياه اليسرة .

كما أن البحيرات والبرك القريبة من البحر تحتوي على تراكيز عالية أيضاً من الكلور وذلك بسبب سقوط الأملاح من النسيم المحمل بمياه البحر . ويمكن اعتبار الزيادة في تركيز الكلور في المياه الداخلية Inland water كمؤشر من مؤشرات التلوث .

ويعد كل النتروجين والفوسفور من المغذيات الأساسية إلى الأحياء المائية خاصة النباتات وتكون عادة بتراكيز واطئة في البيئة المائية وذلك لأخذها بشكل مستمر من قبل النباتات من ضمنها الطحالب بكميات كبيرة .

ويحتوي ماء البحر على ما يأتي :

المادة	التركيز (جزء بالمليون)
الصوديوم	10720
المغنيسيوم	1320
الكلوريدات	19320
الكاربونات	70
البوتاسيوم	380
الكالسيوم	420
الكبريتات	2700
ثنائي أوكسيد السليكون	1.4

استخدامات المياه

تضاعف الاستخدام البشري للمياه بحدود (35) ضعفاً خلال القرون الثلاثة الأخيرة. وزادت سحوبات المياه في العقود الأخيرة من (4–8) بالمائة سنوياً ، تركزت معظم الزيادات في الدول والبلدان المتقدمة ، فقد بلغ الاستهلاك السنوي لكل فرد في أمريكا (1692 م3) يقابله (726 م3) في أوربا و (526م3) في آسيا و(476م3) في أمريكا الجنوبية و (244م3) في أفريقيا .

من خلال الإحصائيات المتوفرة تبين أن (3240 كيلو متر مكعباً) من المياه يتم سحبها سنوياً وتستخدم لمختلف الأنشطة ، يحتل النشاط الزراعي حصة الأسد من هذه

الكميات من المياه إذ تبلغ (69%) في حين يستخدم (23%) منها للأغراض الصناعية . أما ما تبقى منها وهي بحدود (8%) فتستخدم للأغراض المدنية والمنزلية . وتقدر نفس الإحصائيات أن ما يرجع إلى المسطحات المائية والأنهار والجداول كمياه فضلات جراء هذه الاستخدامات يبلغ (86%) .

من المتوقع أن تزداد سحوبات المياه للأغراض الصناعية والمنزلية بنسبة أكبر مما يحصل في سحوبات المياه للأغراض الزراعية. وبحلول العام (2000) تقدر الزيادة في الرقعة الزراعية بحدود (19%). ولغرض الوفاء بمتطلبات هذه الاستخدامات يتوقع أن تزداد سحوبات المياه لأغراض الري والزراعة بحدود (17%).

تبلغ كميات المياه المسحوبة للأغراض الصناعية سنوياً ما مقداره (745) كيلو متر مكعباً، وهذه المقادير تتغاير بين بلد وآخر فعلى سبيل المثال تبلغ سحوبات المياه لهذه الأغراض في أوربا (54%) من إجمالي سحوبات المياه في حين تصل هذه النسبة إلى (42%) في أمريكا الشمالية . كما يبلغ مجموع مياه الفضلات المتكونة جراء هذا النشاط الصناعي والتي تعود إلى الأنهار والجداول ما مقداره (640) كيلو متر مكعباً أي (86%) من إجمالي سحوبات المياه للأغراض الصناعية . وبحلول العام (2000) يتوقع أن تزداد سحوبات المياه لهذه الأغراض إلى (1200) كيلو متراً مكعباً مما يترتب عليه زيادة في كميات مياه الفضلات العائدة إلى المسطحات المائية المختلفة .

أما الاستخدامات المنزلية والبلدية فهي تشكل النسبة الأقل بين الاستخدامات البشرية المختلفة (8%). وتستخدم هذه المياه لمختلف المتطلبات المنزلية والبلدية . ويتوقع لهذا النشاط هو الآخر أن يزداد زيادة ملحوظة خصوصاً في البلدان التي تشهد نمواً سكانياً واضحاً كما هو الحال في قارة آسيا. وهذا الامر يترتب عليه ايضاً في حمل الفضلات العائد إلى المسطحات المائية .

1- استخدام المياه في الزراعة والري :

تشير دراسات الاستهلاك المائي العالمي بأن حصة الأنشطة المدنية والمنزلية تبلغ بحدود (180-150) مليار متر مكعباً وأن حصة الأنشطة الصناعية هي بحدود (650) مليار متر مكعباً ، أما حصة الأنشطة الزراعية فتتراوح بين (2400-1900) مليار متر مكعباً.

وكما هو معلوم فأن الزراعة هي اساس الغذاء ولايمكن ان تكون بدون الماء . فإنتاجية الأرض تعتمد على نسبة المساحة المروية ويستحوذ استخدام المياه في الزراعة والري على القسط الأوفر من استخدامات المياه وخصوصاً في الدول النامية وتقف أسباباً عديدة وراء هذا منها انخفاض كفاءة أنظمة الري وزيادة الضائعات . فضلاً عن أن المزارع ظناً منه أن كمية المياه كلما زادت كلما زاد هذا من إنتاجية الأرض إلاّ أن الواقع هو أن أي زيادة في استخدام المياه لري المحاصيل تتجاوز ما تحتاجه تلك المحاصيل سيؤدي إلى هدر هذه المياه الزائدة بالإضافة إلى أنها تزيد من تدهور صفات التربة وتراكم الأملاح ورفع مناسيب المياه الجوفية إلى غير ذلك من المشاكل . بالإضافة إلى ما ذكر أعلاه فأن هناك مقادير هائلة من المياه على شكل نوافذ يقف وراءها واحد أو أكثر من الأسباب الآتية :-

1. عدم وجود قيمة مادية للمياه المستخدمة لأغراض الري .
2. استخدام نظم ري تقليدية وغير كفوءة .
3. ضعف شبكات الري المبطنة والمتزامنة مع ضعف وسائل السيطرة الإنشائية والتنظيمية .
4. التبخر الشديد .

من هنا يتوجب ترشيد المياه في الزراعة والمحافظة على الضائعات المالية وإنشاء وسائل السيطرة على المياه وأجراء الدراسات الخاصة بالاحتياجات المائية لمختلف المحاصيل وتبني فكرة استخدام تحلية المياه المالحة لأغراض الري .

2. استخدام المياه في الصناعة

يستهلك القطاع الصناعي كميات كبيرة من المياه في مختلف العمليات الإنتاجية. كما أن حاجة المصانع قد ارتفعت إلى مستويات عالية نظراً لاعتماد الصناعة على أساليب معقدة في سبيل زيادة الإنتاج وتصنيع أحدث المنتوجات .

يلاحظ في الصناعة استخدامها لكميات من المياه تزيد عن حاجة عملياتها المختلفة له (جدول 1-5) ويرجع معظم هذه المياه إلى المسطحات المائية على شكل فضلات تسيء من نوعية مياه تلك المسطحات فضلاً عن زيادة الكلفة في محطات التصفية .

يمكن تقسيم استخدامات المياه في الصناعة إلى الفئات الآتية :-

1. التبريد :- وتستهلك هذه العمليات الجزء الأعظم من الماء في الصناعة .
2. توليد البخار .
3. يستخدم الماء كمذيب لإذابة مختلف المواد والمركبات .
4. الغسل : في الصناعات النسيجية غالباً ما يستخدم الماء لغسل المنتوج .
5. وسط ناقل : يستعمل الماء كوسط ناقل لمختلف المواد .
6. أجهزة تنقية الهواء لتصفية الملوثات .

الجدول (1-5) احتياجات الصناعة من المياه

نوع الصناعة	كمية الماء المطلوبة لانتاج طن واحد من المادة المصنعة
البترول	10
الورق	199
النسيج الصوفي	600
السمنت	4.5
الفولاذ	150
الأسمدة النيتروجينية	600
التعدين	11
المطاط	2100
الألمنيوم	200
الحرير الصناعي	2600
النسيج القطني	260
السكر	300

3. الاستخدام المنزلي أو المديني

يرتبط تقدم المجتمعات في أي قطر ما يتوفر من إمدادات مياه ومنظومات تصريف صحية، واستناداً إلى تقرير مدير عام منظمة الصحة العالمية فأن عدد الحنفيات

في قطر ما يعتبر مؤشراً جيداً لرقي ذلك القطر ومعياراً صحياً أدق من عدد الأسرة في المستشفيات ، فالماء هو المكون الرئيسي لخلايا الجسم البشري ويمثل حوالي ثلثي وزن الإنسان ويلعب الماء دوراً مهماً في تأدية الوظائف الحيوية كعمليات الهضم والتنفس والإخراج وإفراز الدموع واللعاب فضلاً عن تسهيله لحركة العضلات والمحافظة على سيولة الدم إلى غير ذلك .

يتغير الاستهلاك المديني أو المنزلي للمياه بين يوم وآخر وفترة وأخرى وبين بلد وبلد .. الخ . ويؤثر على هذا الاستهلاك عوامل عديدة منها عدد السكان ، المناخ، عادات وتقاليد الشعوب ، وجود التأسيسات الصحية ومنظومة التصريف. وبينما يستهلك الفرد الأمريكي ما يزيد من (500) لتراً في اليوم الواحد، فأن هنالك العديد من المناطق التي تعاني شحة شديدة في هذا المورد الحيوي المهم ويقطع سكانها الساعات الطوال مشياً على الأقدام سعياً وراء الحصول على كميات ضئيلة تكاد لاتسد الحاجة وتتكرر هذه المأساة بصورة واضحة وجلية في أفريقيا ، وعموماً فأن متطلبات المياه لأسرة متوسطة مقدرة بالالتار لكل شخص هي كما موضحة في جدول رقم (1−6) .

الجدول (1−6) متطلبات استخدام المياه اليومية لأسرة متوسطة

أغراض الشرب والتنظيف والطبخ	30 لتراً
السباحة ولمرة واحدة في اليوم	60 لتراً
كسح التواليت مرة واحدة	10 لتر
سقي الحديقة	5 لتر لكل متر مربع

الفصل الثانـي: المناطق البيئية

Ecological zones

مقدمة

أولا : بيئة المياه العذبة

1. المياه الساكنة

+ البحيرات

– تصنيف البحيرات

1.البحيرات القليلة المواد الغذائية

2. البحيرات الغنية بالمواد الغذائية

3. البحيرات المتوسطة الثراء

4. البحيرات ناقصة التغذية

– التنضيد الحراري

2. المياه الجارية

+ الأنـهار

– أنواع الانـهار

1. الانـهار الدائمية

2. الانـهار المتناوبة

3. الانـهار المتقطعة

3. العوامل البيئة المحددة:

1. درجة الحرارة

2. الشفافية

3. التيار

4. الغازات الذائبة

5. الأملاح

ثانياً : بيئة مصبات الانـهار

– أنواع مصبات الانـهار

1– الجيوفورفولوجي

أ- وديان أحواض الانـهار

ب- مصبات الانـهار ذات الحواجز الطبيعية

جـ- مصبات الانـهار من نوع الفيور

د- مصبات الانـهار من نوع الدلتا

2- التنضيد في عمود الماء

أ- مصبات الانـهار ذات الاتزاج الجيد

ب- مصبات الانـهار ذات التنضيد القوي لدرجات الملوحة

جـ- مصبات الانـهار ذات التدرج الضعيف لدرجة الملوحة

د- مصبات الانـهار ذات الملوحة العالية

- صفات المصبات

- الصفات الكيمياوية

1. درجة الملوحة
2. الأوكسجين
3. الأس الـهيدروجيني
4. الكالسيوم
5. المغذيات

- الصفات الفيزياوية

1. درجة الحرارة
2. تخلل الضوء

- استجابة الأحياء لتغيرات العوامل البيئية

- التأقلم

1. الملوحة
2. درجة الحرارة
3. الاوكسجين
4. الجفاف

ثالثا: البيئة البحرية

مناطق البيئة البحرية

1. منطقة المد والجزر

- الكائنات الحية

2. منطقة الجرف القاري

- الكائنات الحية

أ- الاحياء البحرية المنتجة

ب- الاحياء البحرية المستهلكة

1. الهائمات الحيوانية

2. الحيوانات القاعية

جـ- الكائنات السابحة والكائنات السطحية السابحة

3. منطقة أعالي البحار

- الكائنات الحية

أ- الهجرة

ب- الغذاء

جـ- مكان المعيشة

4.المنطقة القاعية

أولا- الكائنات الحية التي تعيش على القاع

1. الطحالب

2. الحيوانات

3. البكتريا

ثانيا : الكائنات التي تعيش قرب القاع

1. الهائمات الحيوانية

2. الحيوانات السابحة

5. منطقة الشعاب المرجانية

- العوامل البيئية المؤثرة

1. الضوء

2. المغذيات

3.الرياح والامواج

4. درجة الحرارة

5. الملوحة

6. العوامل الحياتية

- انواع الشعاب المرجانية

1. الشعاب الهدابية

2. الشعاب الحاجزة

3. الشعاب الاتولية

- الكائنات الحية

مقدمة

يمكن تقسيم البيئة في الكرة الأرضية ألي منطقتين رئيسيتين وهما:

1. بيئة اليابسة Terrestrial Environment
2. البيئة المائية Aquatic Environment

وهاتان البيئتان غير مفصولتان عن بعضهما. فتوجد بعض الغازات الجوية مذابة في الماء بصورة طبيعية كما توجد نسبة لا بأس بها من الرطوبة في الجو. أما الاختلاف في كمية الامتزاج بين المياه والهواء فيلعب دورا مهما في تقسيم كل من بيئة اليابسة الى بيئة جافة ورطبة وكذلك البيئة المائية الى مياه قليلة التهوية Stagnated water ومياه جيدة التهوية Aerated water. واعتمادا على تواجد الاملاح المذابة في المياه نقسم البيئة المائية الى ثلاث مناطق رئيسية وهي :-

أولاً: بيئة المياه العذبة **Freshwater Habitat**
ثانيا: بيئة مصبات الانهار **Estuaries**
ثالثا: البيئة البحرية **Marine Habitat**

أولاً: بيئة المياه العذبة

تشكل المياه العذبة جزء صغيرا جدا من سطح الكرة الارضية اذا ما قورنت مع مياه البحار والمحيطات. وكما هو معروف فان المياه تغطي حوالي 71% من سطح المعمورة واقل من 2% من ذلك يعود الى المياه العذبة والتي تتواجد ضمن اليابسة لذلك تدخل ضمن ما يدعى بالمياه الداخلية Inland water . وتضم المياه الداخلية كلا من الانهار والبحيرات والبرك والمستنقعات والوديان والعيون. ورغم صغر مساحة هذه المياه الا ان اهميتها كبيرة لحياة الانسان اذ انها المصدر الاساسي لمياه الشرب والاستعمالات اليومية المختلفة في الزراعة والصناعة وغيرها من الانشطة البشرية. وبدأ الانسان في الاونة الاخيرة الاضرار بهذا المصدر الحيوي الطبيعي لحياته من خلال انشطته المختلفة حيث تلوثت في مناطق مختلفة من العالم عدد من مسطحات المياه العذبة وقسما منها اصبح غير صالح للاستعمال من قبل الانسان نفسه مما يستوجب الانتباه والاحاطة للحد من تقليل تلوث هذه المياه وحمايتها ضمن خطط مدروسة وتعاون وثيق بين دول العالم خاصة الدول التي تشترك في ذلك المسطح المائي كالانهار والبحيرات وغيرها.

واعتمادا على حركة المياه تقسم بيئة المياه العذبة الى قسمين رئيسين وهما:

1. المياه الساكنة Lentic waters

وتضم المياه الساكنة كل من البحيرات والبرك والمستنقعات والاهوار التي تكون حركة المياه قليلة او ساكنة نسبيا. فالبحيرات عبارة عن مسطحات مائية تحقق احواضا معينة من سطح الكرة الارضية وتتواجد في مناطق عديدة لكنها تنتشر بصورة اكثر في نصف الكرة الارضية الشمالي . والبحيرات تكون اكبر مساحة واكثر سعة وعمق من البرك والمستنقعات والاهوار.

البحيرات Lakes

تتكون البحيرات عادة بعدة طرق منها نتيجة لحركة القشرة الارضية او لنشاط البراكين او نشاط الثلاجات او الانزلاقات الارضية او بفعل بعض الكائنات الحية مثل حيوانات القندس Beavers او النمو المفرط لبعض النباتات المائية الراقية التي تؤدي الى حجب المياه في منطقة معينة كالوادي مثلا او من خلال حجز المياه في مجرى الانهار ذات الانحناءات او الالتواءات في مسارها.

ويعتمد شكل البحيرة على طبيعة تكوينها فمنها ذات احواض دائرة كتلك التي منشأها من الانشطة البركانية، او شبه دائرية كما هو الحال في البحيرات التي تتواجد في المناطق الجبلية التي يرجع اصلها الى العصر الجليدي Glacial. كما ان بعضا من البحيرات ذات شكل شبه مائل بسبب تكوينها نتيجة لحركة القشرة الارضية والبحيرات ذات الشكل الهلالي كتلك التي تكونت بفضل الجداول والانهار . فضلا عن ان هناك عوامل اخرى تتدخل في شكل البحيرة اضافة الى ما تقدم مثل عمل السدود والقنوات والتغيرات التي تتم في مجرى المياه المؤدية الى البحيرة او بفعل الانشطة المختلفة الاخرى التي يقوم بها الانسان.

وبصورة عامة يتراوح عمق البحيرات في اغلب مناطق العالم بين 10-30 م واغلبها لا يتجاوز عمقها عن 30 م . في حين اعمق واكبر بحيرة حجما في العالم هي بحيرة بيكال Pegal في سيبريا (روسيا) حيث يبلغ اكبر عمق فيها 1740 م ومعدل

العمق بحدود 740م وتشكل تقريبا 20% من المياه العذبة في العالم وحجمها يبلغ 6و23 الف كيلو متر مكعب في حين ان مساحتها تبلغ 31.5 الف كيلو متر مربع. لذا فان اكبر بحيرة مياه عذبة في العالم مساحة هي البحيرة العظمى Lake superior في امريكا الشمالية اذ تبلغ مساحتها بحدود 3و83 الف كيلو متر مربع واعمق نقطة فيها تصل الى 307 م.

اما عن قاع البحيرة فان مكوناته وطبيعته تختلف وتتأثر بعوامل عدة مثل عمر البحيرة وحجمها . فالبحيرات الحديثة التكوين يكون قاعها صخري او رملي مع القليل من الترسبات والمواد العضوية. في حين يلاحظ في البحيرات ذات العمر الكبير تجمع كميات هائلة من الترسبات والمواد العضوية.

تصنيف البحيرات

تختلف الاسس المعتمدة في تصنيف البحيرات ولكن عند الاخذ بنظر الاعتبار وجهة نظر بيئية فمن الممكن تقسيم البحيرات الى اربعة انواع اعتمادا على توفر المغذيات Nutrientsأو المواد الغذائية والتي تدعم الانتاجية الاولية للهائمات النباتية Primary production والانتاجية بصورة عامة (الجدول 2−1). وهذه الانواع هي :

1. البحيرات الفقيرة التغذية Oligotrophic lakes

تتصف هذه البحيرات الى افتقارها لوجود الاحياء المائية الكافية نسبة الى حجمها ووجود فائض من الاوكسجين الذائب في الطبقات السفلى منها وذلك لقلة استعماله من قبل الاحياء المائية. وتكون هذه البحيرات عميقة عادة وذات منطقة شاطئية صغيرة . وتحوي هذه البحيرات على تركيز محدود جدا من المغذيات النباتية كالنتروجين والفسفور والكالسيوم . وفي موسم الصيف يكون الجزء الاسفل من هذه البحيرات (طبقة Hypolimnion) بارد والجزء العلوي (طبقة Epilimnion) دافئ وتفصل بين هاتين الطبقتين طبقة وسطية ثالثة تدعى Metalimnion (شكل 2−1) .

الجدول (2−1) : الانتاجية الاولية للهائمات النباتية والصفات ذات العلاقة في البحيرات حسب مستوى التغذية فيها (السعدي 1993 و Dobson and Frid 1998)

الصفات الاساسية	مستوى التغذية		
	فقيرة Oligotrophic	متوسطة Mesotrophic	غنية Eutrophic
معدل الإنتاجية الأولية (ملغم كربون بالمتر المربع باليوم)	100−30	1000−250	1000<
معدل تركيز الكلوروفيل −أ (مايكروغرام باللتر)	2.5−1	8−2.5	25−8
اعلى تركيز للكرروفيل−أ (مايكروغرام اللتر)	8−2.5	25−8	25 <
الكتلة الحية للهائمات النباتية(ملغم كربون بالمترالمكعب)	100−20	300−100	300 <
كثافة الهائمات النباتية (سنتمتر مكعب بالمتر المكعب)	1 >	3−1	3 <
العدد الكلي للهائمات النباتية (× مليون خلية باللتر)	1 >	10−1	10<
العدد التمثيلي (ملغم كربون لكل ملغم كلورفيل −أ في الساعة)	1−0.1	2−1	6−2
مجموع الكربون العضوي (ملغم باللتر)	3−1 >	5−1 >	30−5
مجموع المواد الصلبة اللاعضوية (ملغم باللتر)	12−5	200−10	−100 60000
النتروجين الكلي (مايكروغرام باللتر)	250−1 >	600−250	500 <
الفوسفور الكلي (ما يكروغرام باللتر)	10−4	35−10	35 <
معدل قراءة قرص ساكي (متر)	12−6	6−3	3 >

2. البحيرات الغنية التغذية Eutrophic lakes

تحوي هذه البحيرات كميات كبيرة من الكتلة الحية Biomass وتكون ضحلة عادة وذات شواطئ كبيرة والمنطقة السفلى (Hypolimnion) من البحيرة تكون اعمق من الطبقة العليا (Epilimnion) . وفي خلال موسم الصيف ينخفض تركيز الاوكسجين الى درجة كبيرة في الطبقة السفلى وقد ينعدم احيانا حيث يستنفذ في عملية الاكسدة التي تجري على المواد العضوية الميتة المتواجدة في قاع البحيرة (شكل2−2).

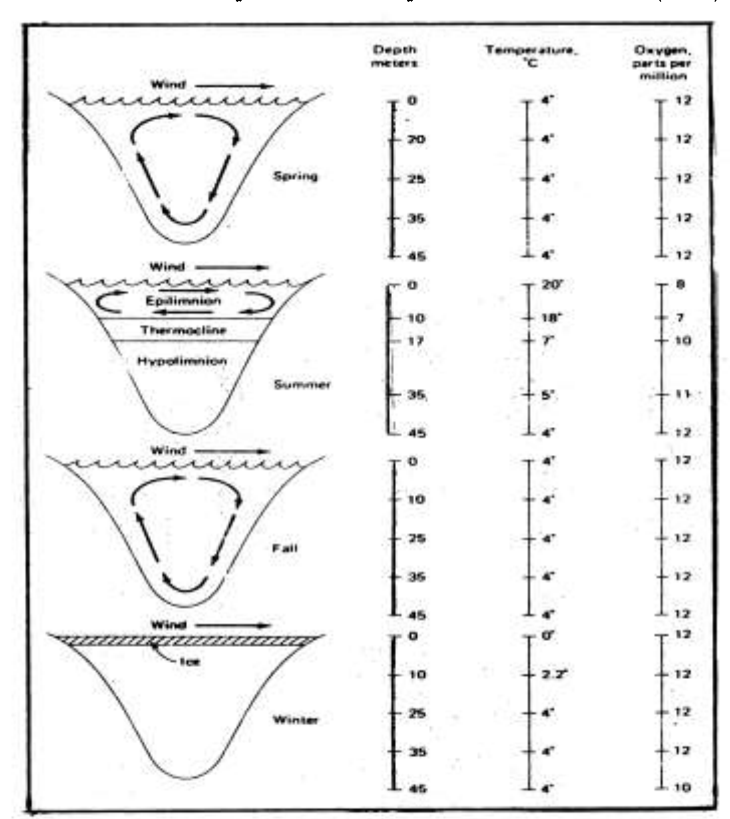
2. البحيرات المتوسطة التغذية Mesotrophic lakes

وتمتلك هذه البحيرات صفات وسطية تقع بين النوعين السابقين للبحيرات الانفة الذكر.

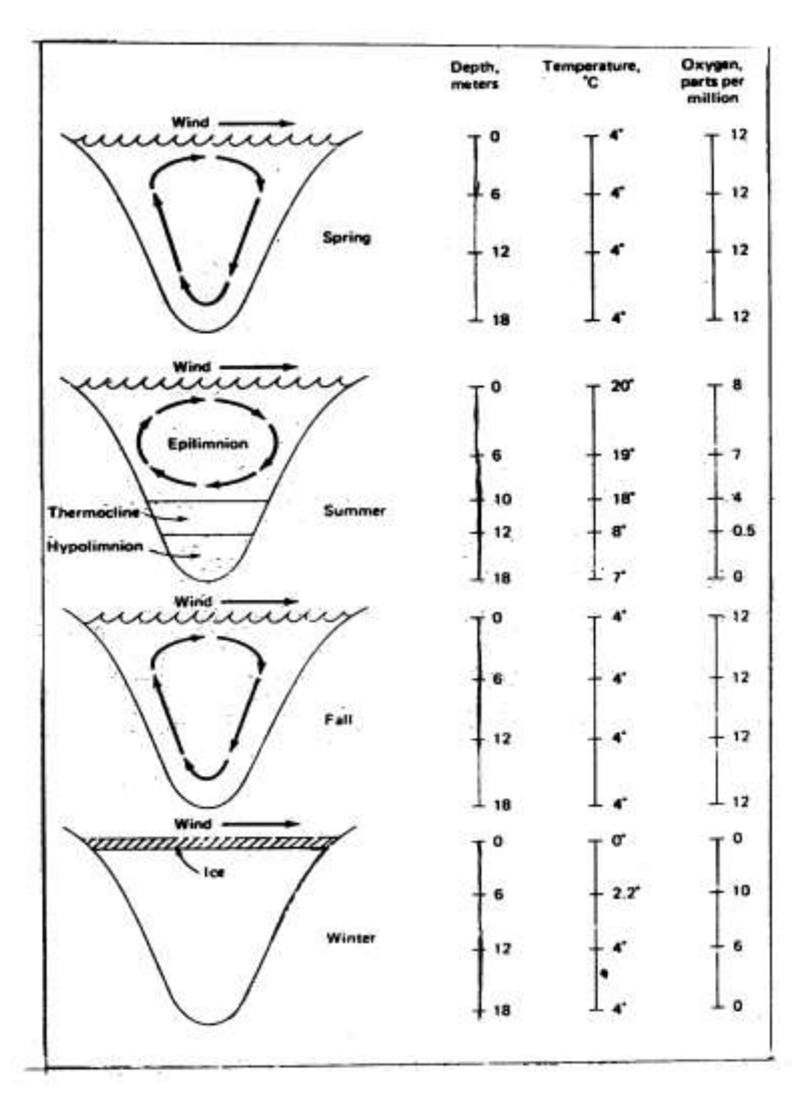
3. البحيرات ناقصة التغذية Dystrophic lakes

هذا النوع من البحيرات تحتوي على مواد عضوية عالقة وراسبة في قاعدتها وتركيز عال من الحامض الدوبالي Humic acid وتكون كمية مادة الدوبال كبيرة وتكون المياه ذات لون بني وتميل الى كونها حامضية حيث ان تركيز ايون الهيدروجين فيها واطئ. كما ان عملية التحليل العضوي قليلة والسبب في ذلك يعود الى قلة تركيز الكالسيوم. وهذا ينتج عن تجمع المواد العضوية وندرة المواد المغذية المذابة كالنتروجين والفسفور. وتوجد هذه البحيرات بشكل رئيسي في المناطق الجبلية والمستنقعات.

شكل رقم (2-1) : التغيرات الموسمية في درجة الحرارة في البحيرات قليلة المواد الغذائية



(من Benton & Werner 1974)



الشكل رقم (2–2) : التغيرات الموسمية في درجة الحرارة في البحيرات الغنية بالمواد الغذائية
(من Benton & Werner 1974)

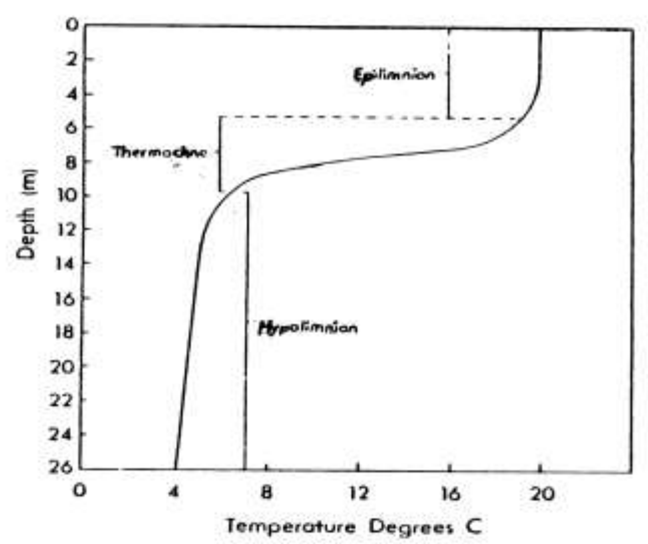
التنضيد الحراري Thermal stratification

يحدث التنضيد الحراري لدرجة الحرارة وتركيز الأوكسجين في البحيرات العميقة وغالبا في البحيرات الموجودة في نصف الكرة الأرضية الشمالي. وخلال موسم الصيف وفي اغلب البحيرات تنقسم مياهها الى طبقتين هما طبقة سطحية دافئة (Epilimnion) بسبب تأثرها المباشر بحرارة الجو واشعة الشمس وطبقة سفلى باردة

(Hypolimnion) وما بينهما طبقة ثالثة وسطية (Metalimnion) كما موضح في الشكل (2–3).

وعند حلول موسم الشتاء البارد وتنخفض درجة الحرارة في الطبقة السطحية وتصبح مساوية الى ما هي عليه في الطبقة السفلى عندها يبدأ تركيز الاوكسجين في الزيادة وبذلك يصل الى اعماق البحيرة. وهذه الاختلافات في تراكيز الاوكسجين تحدث في بعض المناطق الباردة ولكنها لا تكون واضحة كما هو الحال عليه في موسم الصيف وذلك لان الاوكسجين يكون متوفرا في مياه البحيرة بكميات لا بأس بها والسبب يعود الى قلة استعماله من قبل الاحياء المائية في درجات الحرارة الواطئة. وعليه فان حالة نقص الاوكسجين الشتوي لا تكون قاسية مثل نقص الاوكسجين في الصيف. وليس الحال دائما ففي حالة تغطية الجليد الكثيف (طبقات الثلج الرقيقة الموجودة) سطح المياه تتأثر عملية البناء الضوئي وقد تتوقف ويبدأ الاوكسجين بالنقصان في مجمل مياه البحيرة وبذلك قد تموت الاحياء . اما في موسم الربيع فسرعان ما ترتفع درجة الحرارة ويبدأ الجليد الكثيف بالذوبان ويهبط الماء السطحي الثقيل الى القاع ويعود التوازن في تركيز الاوكسجين.

وفي البحيرات التي تبلغ درجة حرارة مياهها السطحية بين 20–30 °م كما هو الحال في البحيرات الموجودة في المناطق الاستوائية فان درجة الحرارة تبقى بدون اختلاف خلال عمود الماء وعلى مدار السنة والسبب في ذلك يعود لعدم الاختلاف الكبير في درجة الحرارة خلال مواسم السنة المختلفة.



شكل رقم (2–3) : التوزيع الشاقولي النموذجي لدرجة الحرارة خلال فترة الصيف وفي بحيرات المناطق المعتدلة (Mills 1972)

2. المياه الجارية Lotic waters

تضم المياه الجارية كل من الانهار والجداول والينابيع وتختلف هذه المياه عن المياه الساكنة في عدد من الصفات منها ما يأتي:

1. حركة المياه المستمرة بأتجاه واحد.
2. تباين في سرعة جريان المياه نسبة الى حجم المياه.
3. تباين كبير في مستوى المياه.
4. يكون عمقها اقل مما هو عليه في البحيرات.
5. تتغير العوامل الفيزياوية والكيماوية والحياتية بصورة تدريجية على طول المجرى المائي وبأتجاه واحد.
6. كلما ازدادت المياه الجارية قدما كلما ازداد طولها وعرضها وعمقها.
7. تقوم المياه الجارية بعملية نقل مستمرة لمواد التعرية.
8. تعتمد انتاجيتها على نوعية وكمية المواد المغذية الموجودة في احواضها.
9. تعتبر المياه الجارية مفتوحة كالأنهار والجداول في حين تكون المياه الساكنة مسطحات مائية مغلقة كالبحيرات والبرك.
10. يكون استعمال المواد المغذية في المياه الجارية بصورة مؤقتة في موقع معين في حين يكون استعمالها لعدة مرات في المياه الساكنة.
11. يكون تركيز الاوكسجين الذائب في المياه الجارية اكثر تماثلا في المياه الجارية مما هو عليه بين طبقات المياه الساكنة وتكون المياه الجارية غنية بسبب حركة المياه الدائمة وكبر المساحة السطحية المعرضة للهواء وعملية الخلط الجيدة المستمرة اذا ما اخذ بنظر الاعتبار الاعماق القليلة.

الأنهار Rivers

نتيجة لهطول الأمطار وذوبان الجليد فان قسما من المياه تجري فوق سطح الارض ويطلق عليها المياه السطحية الجارية Surface water runoff في حين ينفذ القسم الآخر خلال التربة وقد تكون المياه الجوفية الجارية Ground water runoff.

وتتجمع المياه السطحية الجارية في جداول Brooks مع بعضها لتكون نهيرات Rivulets او Greeks التي يؤدي التقاءها الى تكوين الانهار Rivers . فالأنهار أذن

تشكل كتلة من المياه السطحية المتحركة مع ما تحمله من مواد أخرى وتكون حركتها بصورة جريان مستمر وباتجاه واحد من المناطق المرتفعة الى المناطق اقل ارتفاعا. وتقدر كمية المياه التي تصبها الانهار في البحار بحوالي 37000 كيلو متر مربع.

أنواع الأنهار

هناك عدد من التقسيمات لانواع الانهار وفق ثوابت معينة فعلى سبيل المثال فان أنواع الانهار وفق طبيعة جريان المياه هي:

1. الأنهار الدائمية Permanent Rivers

يكون مصدر المياه في هذه الانهار بصورة أساسية المياه الجوفية بشكل جداول أو نضح من خلال التربة بسبب كون مستوى المياه الجوفية مرتفع عادة.

الأنهار المتناوبة Intermittent Rivers

يكون مصدر المياه في هذه الانهار بصورة اساسية المياه السطحية التي تنشأ من مياه الامطار وذوبان الثلوج.

2. الانهار المتقطعة Interrupted Rivers

يكون مجرى الانهار في هذه الحالة فوق سطح التربة وتحتها . فالمجرى فوق سطح التربة يكون بسبب نفاذ الماء خلال الرمال والصخور او الصخور الكلسية الموجودة في مجرى النهر. ونفاذ الماء يكون بسبب شحة المياه الوافدة من منابعها.

العوامل البيئية المحددة

هناك بعض العوامل البيئية التي يمكن اعتبارها عوامل محددة او مؤثرة في بيئة المياه العذبة منها مايأتي:

1. درجة الحرارة :

يمتلك الماء بعض الصفات الحرارية كالحرارة النوعية والحرارة الكامنة للانهار والحرارة الكامنة للتبخر. وتعد درجة الحرارة عاملا مؤثرا في حياتية الاحياء المائية لان اغلبها ذات مدى قصير او ضيق لتحمل التغير في درجات الحرارة. وعليه فأن أي تغير في درجة الحرارة ينتج عن فعاليات الانسان وانشطته يؤدي الى تأثير واضح في حياة هذه

الاحياء. كما ان التغير في درجات الحرارة يؤدي الى تغيرات في الكتل المائية حيث يحدث دوران الكتل المائية لها تأثير كبير في الحياة المائية. كما تؤثر كتل المياه العذبة الكبيرة في مناخ اليابسة المحيطة بها.

2. الشفافية :

تحدد المواد العالقة من اختراق الاشعة الضوئية لطبقات المياه حيث ان الكدرة Turbidity المتسببة من الطمى والغرين وغيرهما تعتبر من العوامل البيئية المؤثرة في الاحياء المائية. علما بأن الاحياء المائية تسبب كذلك كدرة المياه. ويلعب الضوء دورا هاما في نمو النباتات من ضمنها الطحالب بأعتباره مصدرا للطاقة الضوئية في عملية البناء الضوئي التي من خلالها تصنع النباتات غذائها ومنها تتغذى عليها بقية الحيوانات. كما ان الضوء يعتبر عاملا مهما بالنسبة للحيوانات حيث يساعدها على الرؤيا والذي له علاقة في حصولها على غذائها.

وتختلف الكدرة حسب الانهار المختلفة وبدرجة كبيرة وحسب المناطق المختلفة للنهر الواحد. فالأنهار الجبلية ذات القيعان الصخرية ذات كدرة قليلة مقارنة مع تلك التي قيعانها طينية والتي تجري في سهول رسوبية التي تتميز في ارتفاع كدرتها وعموما فان سرعة التيار تزيد من كدرة الانهار. وتمتاز المياه الجارية بانها اكثر كدرة من المياه الساكنة. وتعد طبيعة قاع النهر وسرعة التيار ووجود الامطار والنفايات التي ترمى الى النهر والمواد غير الحية كالطمى والمواد العضوية المتفسخة من العوامل المؤثرة في كدرة المياه.

3. التيار :

يعد التيار من احد العوامل المحددة في معيشة الكائنات الحية وانتشارها خاصة تلك التي تتواجد في الانهار والينابيع ذات التيارات المستمرة والقوية. كما ان للتيارات دورا هاما في توزيع الغازات الحيوية والاملاح او المغذيات النباتية. وتحاول الكائنات الحية القاعية النباتية منها او الحيوانية ان تتشبث في القاع لمقاومة جرفها بالتيارات في حين تكون الهائمات (العوالق) عرضة لحملها مع التيارات من منطقة الى اخرى لذا فان دراسة

منطقة ما لنهر على سبيل المثال في تركيبها الحيوي سوف يختلف من فترة لاخرى بسبب التيارات التي تحمل بصورة دائمة احياء مائية قد تكون مختلفة لتلك المنطقة.

4. الغازات الذائبة :

يعتبر كل من الاوكسجين وثنائي أوكسيد الكربون من العوامل المحددة والمؤثرة في حياة الأحياء المائية. ومتطلبات الاوكسجين الذائب أصبحت من الأمور التي يقاس فيها درجة تلوث ذلك المسطح المائي حيث الحاجة لها في عملية التنفس للاحياء المائية. وتقل كمية الاوكسجين الذائب كلما ازدادت درجة الحرارة حيث ان العلاقة عكسية وكما موضح في الجدول (2–2).

وتستهلك المواد العضوية في تحللها كميات من الاوكسجين الذائب فضلا عن الاحياء المائية المختلفة اثناء عملية التنفس. وفي المياه الراكدة كذلك يلاحظ النقص في الاوكسجين الذائب اكثر كما هو الحال في المياه الجارية وذلك بسبب عملية المزج بين عمود الماء من جهة وبين المياه والجو (الهواء) من جهة اخرى. ان ثنائي اوكسيد الكربون فأهميته تكمن بكونه المادة المتفاعلة لعملية البناء الضوئي التي تقوم بها النباتات الخضراء بضمنها الطحالب في المسطحات المائية وغالبا ما يكون على هيئة بايكربونات التي يأخذها النباتات كمصدر لثنائي اوكسيد الكربون.

5. الاملاح :

في بيئة المياه العذبة، تعتمد طبيعة الاملاح وكميتها بصورة رئيسية على جيولوجية المنطقة المحيطة حيث ان نسبة كبيرة من تربة هذه الاراضي المجاورة تتجرف الى المسطحات المائية القريبة وفي كل المواسم. وتقوم المحللات (البكتريا والفطريات) برفد المسطح المائي بمزيد من الاملاح (المغذيات) من خلال ما تقوم به من تحلل المادة العضوية الى مواد لا عضوية.

ان من اهم الاملاح المتواجدة في المياه العذبة هي بيكاربونات الكالسيوم والمغنسيوم التي لا تتواجد بصورة دائمة. واما الاملاح المتواجدة على هيئة كربونات فتترسب عادة الى القاع وتمتزج مع الطين. ان مصدر املاح البيكربونات والكربونات هو من غاز ثنائي اوكسيد الكربون الذي له قابلية عالية للذوبان في المياه حيث يدخلها عن

طريق الجو كذلك يعتبر التحلل العضوي مصدرا لثنائي اوكسيد الكربون فضلا عن تنفس الاحياء المائية.

جدول رقم (2–2) : درجة ذوبان الاوكسجين في ماء خالي من الكلور وفي درجات حرارة مختلفة وعندما عرض الماء مشبع بالهواء تحت ضغط كلي قدره 760 ملم زئبق وضغط جزئي للاوكسجين قدره 160 ملم زئبق (لقد افترض ان الهواء الجاف محتوي على 20.9% اوكسجين)

(من Brown 1972)

درجة الحرارة(مئوية)	ملغم / لتر اوكسجين	درجة الحرارة (مئوية)	ملغم / لتر اوكسجين
صفر	14.62	20	9.17
1	14.23	21	8.99
2	13.84	22	8.83
3	13.48	23	8.68
4	13.13	24	8.53
5	12.80	25	8.38
6	12.48	26	8.22
7	12.17	27	8.07
8	11.87	28	7.92
9	11.59	29	7.77
10	11.33	30	7.70
11	11.00	31	7.50
12	10.83	32	7.40
13	10.60	33	7.30
14	10.37	34	7.20
15	10.15	35	7.10
16	9.95	36	7.00
17	9.74	37	6.9
18	9.54	38	6.8
19	9.35	39	6.7

وتفضل عدد من الاحياء المائية المياه العسرة مثل انواع من الاسفنج واغلب القشريات وانواع النواعم التي تكون أصدافها متكونة من كاربونات الكالسيوم. ومن جهة اخرى تعد املاح النترات والفوسفات من العوامل المحددة في نمو الاحياء المائية وخاصة الهائمات النباتية حيث ان هذه المغذيات تستهلك دائما من قبل الهائمات النباتية والطحالب القاعية والنباتات الاخرى بصورة كبيرة مما يعرضها الى النقصان في البيئة المائية.

وتلعب الاملاح دورا هاما في حياة الاحياء المائية من ناحية التنظيم الازموزي Osmoregulation في أجسامها. ففي المياه العذبة تكون تراكيز الأملاح في داخل جسم هذه الاحياء اعلى من المحيط الخارجي وعليه يدخل الماء الى جسم هذه الاحياء من خلال الانتشار ويحاول الكائن الحي ان يوازن في تراكيز الاملاح بحيث يضمن الحصول على الماء بدون جهد اضافي أي من خلال عملية الانتشار البسيط أي النقل الموجب الذي لا يتطلب أي طاقة اضافية لتأمين حاجة الكائن الحي للماء وكما يحدث في الحيوانات الابتدائية والتي تقوم بالتخلص من الماء الزائد عن طريق الفجوات المتقلصة (Contractile vacuoles) . في حين تقوم الاسماك بالتخلص من الماء الزائد عن حاجة اجسامها بواسطة الكليتين وعكسه تصبح اجسامها منتفخة تصل الى درجة الانفجار. ولصعوبة التنظيم الازموزي في الكثير من الاسماك جعل هذه الانواع لا تستطيع الدخول في المياه العذبة.

ثانيا: بيئة مصبات الأنهار Estuary environment

تعرف منطقة مصبات الانهار بانها المنطقة المائية التي تلقي عندها مياه النهر ومياه البحر وتمتزج مع بعضها حيث انها المنطقة الساحلية شبة المغلقة التي يكون لها اتصال مع البحر المفتوح من ناحية ومنها يخفف ماء البحر باختلاطه مع الماء العذب القادم من الانهار كما يصفها بعض الباحثين. في حين ان بعض الباحيثن يذكرون بان هذا الوصف لا يعطي اية اهمية الى الحدود الارضية والبحرية لمنطقة مصب النهر التي تبقى مبهمة كما لا يعطي الاشارة الى بعض المناطق التي يعتبرها الاخرون ذات اهمية كبيرة في تركيب مصب النهر.

انواع مصبات الانهار:

هناك عدة طرق لتقسيم مصبات الانهار والتي تستند الى اسس متباينة ويمكن تلخيصها في ثلاث اسس هي :

1. **الجيومورفولوجي**
2. **التنضيذ في عمود الماء**
3. **نظم الطاقة في المصب**

1. الجيومورفولوجي :

لقد استطاع العالم برنتشارو (1967) تقسيم انواع مصبات الانهار على الاسس الجيومورفولوجية الى اربعة انواع هي:

أ. وديان احواض الانهار :

كان مستوى البحر خلال فترة العصر الجليدي الاخير اقل من المستوى الحالي بحوالي (100) م وكانت الانهار العظمى تفيض في الوديان المحيطة بها والتي هي عبارة عن مساحات ساحلية مستوية وهذه المساحات تمثل منطقة الجرف القاري في الوقت الحاضر. وبعد ارتفاع مستوى البحر انغمرت الوديان التي كانت تحيط بالانهار وتحولت الى مصبات الانهار التي كانت تحاذيها.

ب. مصبات الانهار ذات الحواجز الطبيعية :

في بعض المناطق وعلى سواحل المحيطات تنتقل كميات من الرمال بوساطة تيارات الماء الى السطح الارضي المغمور بالماء وتبين عندها حاجز يمنع رجوع كميات من الماء المحيط. وفي داخل المنطقة المحصورة تحتجز كميات من المياه التي تكون ضحلة وفي بعض الاحيان تكون كميات كبيرة وفي احيانا كثيرة تكون الفتحة التي يتصل بها هذا النوع من المصب مع المحيط ضيقة نوعا ما الامر الذي قد يعرقل عملية تبادل المياه مع المحيط. وعليه تكون حركة المد والجزر لهذا النوع من المصبات محدودة. اما دوران الكتل المائية فيعتمد بصورة رئيسية على الرياح اكثر من اعتماده على حركة المد والجزر.

جـ. مصبات الانهار من نوع الفيور (Fjord) :

وهي مصبات عميقة وتأخذ شكل حرف U وتحيط بها مرتفعات جبلية عالية. وتتميز المنطقة التي يرتبط بها مصب النهر مع البحر بكونها ضحلة او عميقة وفي الحالة الاولى تكون الضحالة بسبب الترسبات التي تنجرف بعد انصهار الثلوج ومثال لهذه المصبات تلك التي تتواجد في سواحل النرويج والاسكا وسواحل كولومبيا البريطانية .

د. مصبات الانهار من نوع الدلتا :

وتتواجد هذه الانواع من المصبات عند مصب الانهار الكبيرة مثل نهر المسيسيبي في امريكا ونهر النيل في مصر وشط العرب في العراق وتتكون بوساطة الكميات الكبيرة من الرواسب العالقة والمحمولة من قبل النهر والتي تترسب عند التقاء النهر مع البحر. ويعود السبب في ترسيب هذه المواد الى ضعف تيار المياه في منطقة الالتقاء وكبر مساحة منطقة المصب. واحيانا كثيرة يكون هذا النوع من المصبات معقد التركيب وذلك لكثرة القنوات الصغيرة التي تتكون والتي تقوم بربط رأس النهر مع نقطة الالتقاء كما قد تتكون بعض الخلجان الصغيرة والمستنقعات المالحة في منطقة هذا النوع من المصبات نتيجة ترسب المواد العالقة. كما ان حركة المد والجزر تكون واضحة في هذه المصبات.

2. التنضيد في عمود الماء :

يذهب بعض العلماء الى تصنيف مصبات الانهار اعتمادا على اسس دوران الكتل المائية ودرجة الملوحة. وهذا النوع من التصنيف هو المتبع في تصنيف البحيرات. وقد قسمت مصبات الانهار على هذه الاسس الى ما يأتي:

أ. مصبات الانهار ذات الامتزاج الجيد :

وتتميز هذه المصبات بان مياهها ذات امتزاج جيد ولا توجد فروقات كبيرة وواضحة بين درجة الملوحة عند السطح ودرجة الملوحة عند القاع. والامتزاج الجيد هذا يتواجد في نوع المصبات التي ذكرت سابقا وهو من نوع مصبات وديان الانهار ومصبات الانهار ذات الحواجز الطبيعية. كما ان الامتزاج الجيد يحدث في حالة الجزر لمصب شط العرب في العراق. ويكون انتقال المياه العذبة في مصبات الانهار ذات الامتزاج الجيد وكذلك حركة هذه المياه بأتجاه البحر وحركة المياه المالحة باتجاه قعر النهر متأثرا بالحركة السطحية للكتل المائية وليس عموديا.

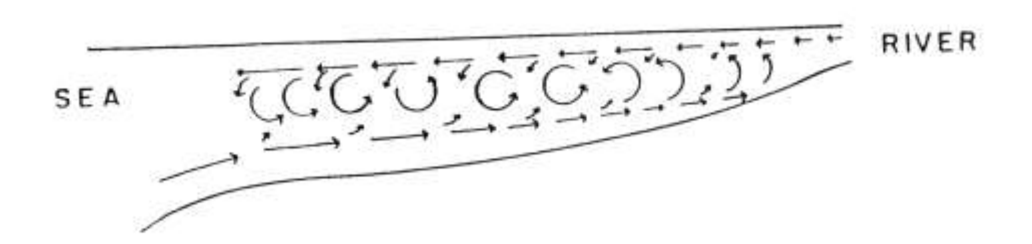
ب. مصبات الانهار ذات التنضيد القوي لدرجات الملوحة :

ويلاحظ في هذه الانواع من المصبات بوجود تدرج واضح لدرجة الملوحة بين طبقات مياهه. ويحدث هذا التدرج الجيد لدرجة الملوحة عندما تكون درجة الملوحة على اختلاف كبير بين السطح والقاع، كذلك عند اندفاع وانسياب المياه المالحة القادمة من البحر. وعليه تنتشر كتل المياه العذبة على الطبقة السطحية بينهما تندفع كتل المياه المالحة باتجاه النهر وعلى الطبقة القاعية. كما يحدث في مصب الانهار الكبيرة مثل نهر المسيسيبي ومصب شط العرب في العراق. وبسبب الاختلاف في اندفاع كتل المياه العذبة والمالحة باتجاهات متعاكسة وفي طبقات مختلفة يحدث التدرج الكبير والواضح في درجة الملوحة لعمود الماء.

جـ. مصبات الانهار ذات التدرج الضعيف لدرجة الملوحة :

تتميز هذه المصبات بوجود اختلاف بسيط في درجة الملوحة بين السطح والقاع يبلغ بضع اجزاء من الالف. وتتدرج درجة الملوحة بين الطبقة السطحية والقاعية. ويعتمد هذا التدرج على بعض العوامل البيئية كما يتبان مع مواسم السنة المختلفة حيث تختلف كميات المياه العذبة المندفعة باتجاه البحر كما تختلف ايضا كميات المياه المالحة التي تندفع مع القاع باتجاه النهر مع المواسم المختلفة.

وتتواجد المياه العذبة بصورة غير ممزوجة مع المياه المالحة في منطقة دخول النهر الى المصب وعلى الطبقة السطحية، اما المياه المالحة فتوجد بصورة ممزوجة مع المياه العذبة في منطقة اتصال المصب مع البحر بالقرب مع الطبقة القاعية (2–4).



شكل رقم (2–4) : دوران الكتل المائية في مصب نهر ذات الامتزاج الجزئي (Odum 1971)

د. مصبات الانهار ذات الملوحة العالية:

وتتصف هذه المصبات بكون مياهها تحتوي على درجة عالية من الملوحة وذلك بسبب ضعف تيار المياه العذبة المندفع باتجاه البحر وضعف حركة المد والجزر هذا فضلا عن درجة التبخر العالية وقد ترتفع درجة الملوحة الى نسب تصل فيها الى اعلى ما هي عليه في مياه البحر في بعض فصول السنة. وكمثال لهذه المصبات تلك التي تتواجد في المستنقعات الساحلية في تكساس والتي تصل درجة الملوحة في مياهها الى (67) جزء بالف والتي هي نسبة عالية جدا اذا ما قورنت بدرجة ملوحة مياه البحار التي تبلغ (35) جزء بالالف. وبالرغم من الظروف البيئية الصعبة التي توجد في مثل هذه المصبات نلاحظ ان مياهها تكون مأهولة بجماعات الاحياء المائية المختلفة.

صفات المصبات :

بما ان منطقة مصب الانهار بانها المنطقة التي تلتقي عندها المياه العذبة القادمة من الانهار مع مياه البحر فان هذه الالتقاء بين البيئتين المختلفتين ستؤدي الى صفات تختلف عن ما هو معروف لكل من البيئة النهرية والبيئة البحرية. لذا فان مياه مصبات الانهار تتميز بالصفات الكيمياوية والفيزياوية تختلف عن ما تتصف بها كل من مياه الانهار او مياه البحار.

الصفات الكيمياوية

1. درجة الملوحة :

تعتمد درجة ملوحة مياه المصبات على العوامل البيئية او حالة الانهار التي تصب فيها. وتقل نسبة الملوحة كلما ابتعدنا عن البحر باتجاه النهر. واحيانا كثيرة لا يمكن تطبيق هذه القاعدة عند الاخذ بنظر الاعتبار تأثير العوامل الرئيسية كالبعد عن رأس النهر وكمية الامطار المتساقطة ونسبة التبخر في المنطقة وحالة المد والجزر وعرض المصب وسرعة التبخر.

ويعتمد توزيع الملوحة لعمود الماء في منطقة مصبات الانهار بصورة رئيسية على التباين الحاصل في البعد عن رأس النهر ونظام المد والجزر واتجاه الرياح. وهذه العوامل تختلف من مصب الى اخر ولكن عادة تكون تغيرات درجة الملوحة في القناة الرئيسية للمصب او بالقرب منها وتقل كلما اتجهنا نحو السواحل.

2. الاوكسجين :

وتتغير تراكيز الاوكسجين المذاب في مياه المصبات وفق التغيرات التي تحصل في درجة الملوحة ودرجة الحرارة. واذا ماقورنت تراكيز الاوكسجين الموجود في مياه البحر مع التركيز الموجود في المياه العذبة فانه يعادل بحدود 80% عما هو موجود في المياه العذبة في نفس درجة الحرارة. وفي مصبات الأنهار الملوثة بسبب تجمع فضلات المدن يلاحظ ان تركيز الأوكسجين يكون منخفضا وقد يصل أحيانا خاليا كليا منه وذلك بسبب وجود البكتريا بأعداد كبيرة التي تقوم باستهلاك الأوكسجين الموجود. اما المصبات غير الملوثة فان تحليل المواد العضوية لا يسبب حالة عدم الأوكسجين المذاب وانما يحدث نقصا طفيفا في قاع بعض المناطق من المصب.

ويتأثر تركيز الأوكسجين المذاب بما هو موجود من أحياء مائية تعيش في المصب. وعلى سبيل المثال بعض المصبات تكون قيعانها مغطاة بالنباتات من نوع *Zosrera* فان مياه المصبات تكون مشبعة بالأوكسجين المذاب خلال النهار وينخفض تركيزه الى حالة العدم خلال الليل بسبب توقف عملية البناء الضوئي ولاستعماله من قبل الأحياء المائية في تنفسها التي تتواجد في منطقة المصب.

وفي المصبات التي يتواجد فيها تدرج عمودي للملوحة يلاحظ فيها كذلك تدرج عمودي لتركيز الأوكسجين. اما انبعاث الأوكسجين المذاب مرة ثانية في المصبات فيحدث اما عن طريق الخلط الجيد مع المياه العذبة ذات التركيز العالي للأوكسجين القادمة من النهر، او مع المياه المالحة القادمة من البحر. كما يحدث الانبعاث أيضا عن طريق التهوية المباشرة من الهواء الجوي او فعالية النباتات بضمنها الطحالب في عملية البناء الضوئي.

3. الأس الهيدروجيني:

يكون تركيز أيون الهيدروجيني اكثر تباينا في مياه مصبات الأنهار منه في مياه البحار المفتوحة. ففي الحالات الطبيعية يتراوح قيم الأس الهيدروجيني بين 6.8 – 9.25 ، وفي المصبات التي يتواجد فيها تدرج عمودي تكون الطبقة العليا من المياه ذات تركيز أعلى لأيون الهيدروجين من الطبقة القاعية.

ويختلف تركيز أيون الهيدروجيني مع اختلاف مواسم السنة فهو بصورة عامة يكون عاليا خلال الصيف وواطئا جدا خلال الربيع. كما يوجد تباين في هذا التركيز خلال

ساعات النهار. ويظهر هذا التباين واضحا في مصبات الانهار المرتبطة بمناطق المستنقعات المالحة والمستنقعات الصخرية وذلك بسبب تأثير عمليتين البناء الضوئي والتنفس.

4. الكالسيوم:

يحدث ترسيب لاملاح الكالسيوم نتيجة لتغيرات درجة تركيز أيون الهيدروجين. ويتم التخلص من مركبات الكالسيوم هذه بوساطة بعض الأحياء المائية. فعندما يتواجد في مياه المصب أعداد كبيرة من الحيوانات الكلسية المعروفة باسم الفورامنيفرا. ومن خلال هذه الحيوانات يتم إزالة كميات كبيرة من الكالسيوم ولا يقتصر التخلص من الكالسيوم على حيوانات الفورامنيفرا وانما هناك أنواع من الطحالب لها القدرة على ازالة هذا العنصر من المحيط التي تعيش فيه لحاجتها الماسة له مثل طحالب *Nitszchia closterium* و *Aphidinium carteri* و *Criscosphaera elongata*. كما ان هناك أحياء مائية أخرى مثل أنواع تعود إلى شعبة النواعم التي تحصل على الكالسيوم من المحيط التي تعيش فيه مباشرة.

5. المغذيات :

تمتاز مياه مصبات الأنهار بتوفر كميات كبيرة من المغذيات مما هو موجود في مياه البحر وهذه الفروقات تختلف من مصب الى اخر. ولوحظ ان تراكيز النترات يتغير عكسيا مع إنتاج الطحالب. وهناك أنواع من الطحالب مثل *Calothrix scopulorum* ولتي تقوم بتثبيت النتروجين في البيئة المائية، تقوم بتحرير كميات من النتروجين على هيئة أحماض أمينية قد تكون مهمة للأحياء المائية الأخرى التي تعيش في نفس البيئة.

وتعد الفوسفات ودورتها في البيئة جزء من العلاقة المعقدة بين القاع وعمود الماء خاصة الطبقة المائية فوق القاع، وهذا ما يحدث في مصبات الأنهار الأسترالية. وتتواجد فوسفات الحديديك بصورة غير مذابة مخلوطة مع الرواسب وتحت ظروف معينة يتم تأكسد هذه الفوسفات لتتحول الى فوسفات الحديدوز بسبب وجود نوع من البكتريا التي تعيش في الرواسب وتساعد في عملية الاختزال. اما في مصبات الأنهار الأوربية فان الفوسفات الموجودة في القاع تتحرر فقط عند حدوث العواصف الشديدة لذا يلاحظ تواجد كميات كبيرة من الفوسفات في الطبقة المائية التي تعلو القاع.

الخواص الفيزياوية

1. درجة الحرارة :

غالبا ما تكون درجات الحرارة متغيرة في مصبات الأنهار وذلك بسبب عملية الخلط بين كتل المياه ذات الدرجات الحرارية المختلفة فضلا عن ضحالة مصب النهر. وتتأثر درجة حرارة مياه المصبات بالمياه التي تطرح من محطات توليد الطاقة الكهربائية حيث ترتفع درجة الحرارة الى ان تصل حدود عالية قد تصبح مميتة خاصة بالقرب من المحطات في حين قد ترتفع درجة الحرارة للمناطق الأكثر بعدا من هذه المحطات بشكل يكون مفيدا لدعم نمو الأحياء المائية.

وتتحكم درجة حرارة مياه البحر وسرعة جريان المياه في درجة حرارة مياه المصب. وهذا التحكم لا ينطبق على جميع أنواع المصبات وانما يقتصر على مصبات الأنهار القصيرة والتي تحتوي مسطحات طينية أو رملية بنسبة قليلة جدا في قيعانها.

2. تخلل الضوء :

يعتمد اختراق الضوء لمياه مصبات الأنهار بصورة رئيسية على الكدرة والتي تكون عالية جدا واعلى بكثير من منطقة أعالي البحار وبسبب الكدرة العالية يعود أساسا الى ثلاثة مصادر رئيسية وهي:

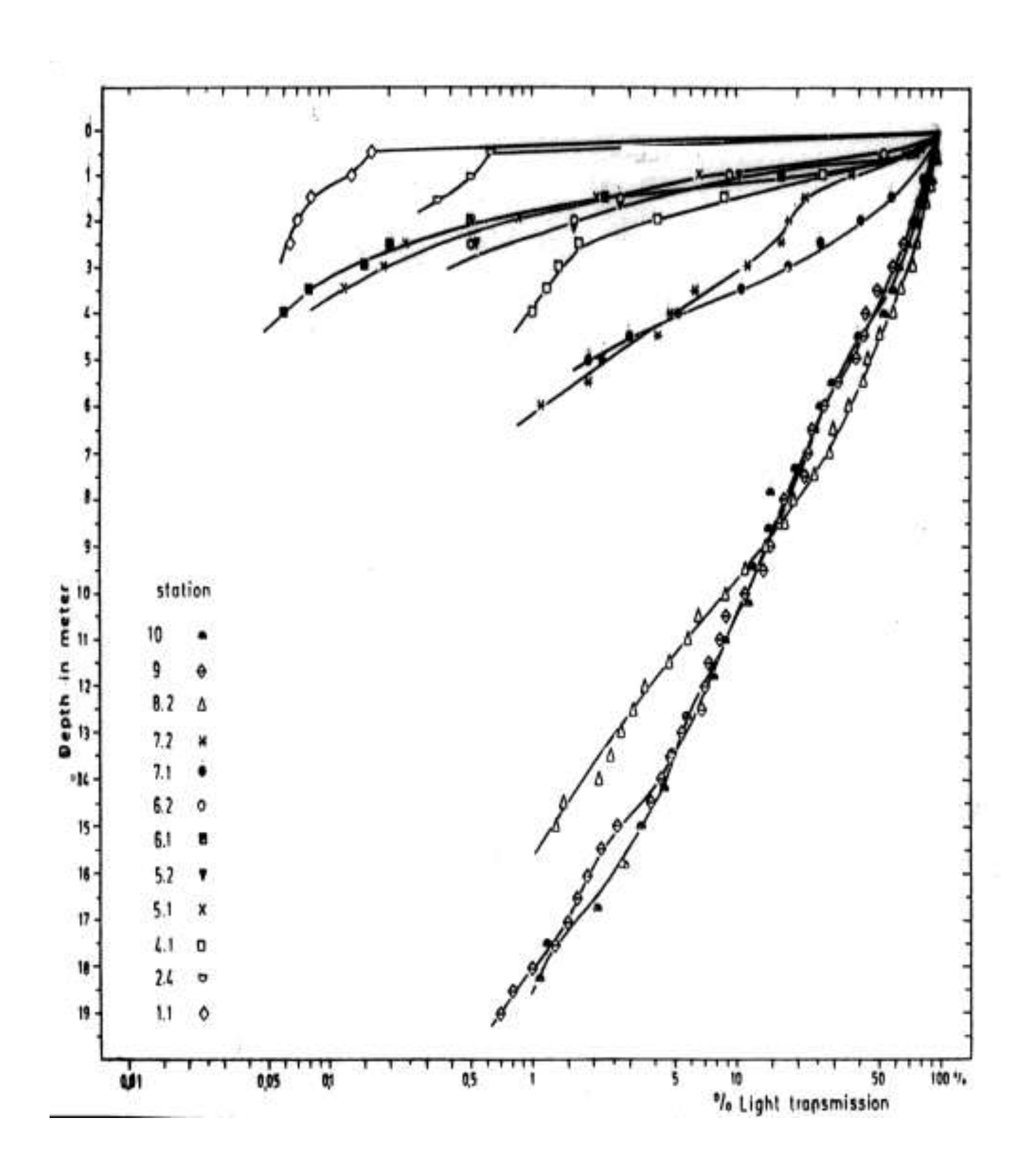
أ- الكدرة القادمة من النهر عن طريق كميات المياه العذبة المندفعة باتجاه البحر.

ب- الكدرة القادمة من البحر عن طريق المد والجزر.

جـ- الكدرة المتكونة في منطقة المصب نفسه.

وتقل الكدرة كلما اتجهنا نحو منطقة أعالي البحار ويزداد عندها اختراق الضوء لعمود المياه (الشكل 2-5). وتتواجد المواد العالقة بعيدا عن الضفاف وعند هذه المنطقة يمتص الضوء بصورة اكثر عند السطح وعلى عمق يتراوح بين 1-2م.

وللكدرة تأثير واضح في عملية البناء الضوئي من خلال حجب الضوء. فالطحالب (الهائمات النباتية) تستقطب الضوء الكافي في الطبقة السطحية من مياه المصب فقط لذا يلاحظ بان الإنتاجية الأولية لمياه مصبات الأنهار ذات الكدرة العالية يكون واطئا.



الشكل رقم (2-5) : يمثل نفاذية الضوء عند مصب شط العرب ولمحطات مختلفة . تمثل المحطات 1-4 مصب شط العرب و 4-7 في مياه الخليج العربي المتأثرة بصفات مياه شط العرب و8-10 في مياه الخليج العربي بعيدة التأثر من مياه شط العرب.

(Al –Saadi et al . 1975)

استجابة الأحياء لتغيرات العوامل البيئية

ان الاحياء المائية التي تعيش في بيئة مصبات الانهار تكون اساساً قادمة من البحر. واغلب الأنواع التي تعيش في المياه البحرية الضحلة على منطقة الجرف القاري مثلاً تستعمل هذه المنطقة لتربية صغارها قبل الهجرة الى اعالي البحار. وبالرغم من ان عدد أنواع الحيوانات التي أصبحت لها المقدرة على تحمل الظروف البيئية المتغيرة فيها كثيرة . وفي أي بيئة من البيئات تتواجد الحيوانات فيها يكون لها خياران عند حدوث ضغط بيئية هما :

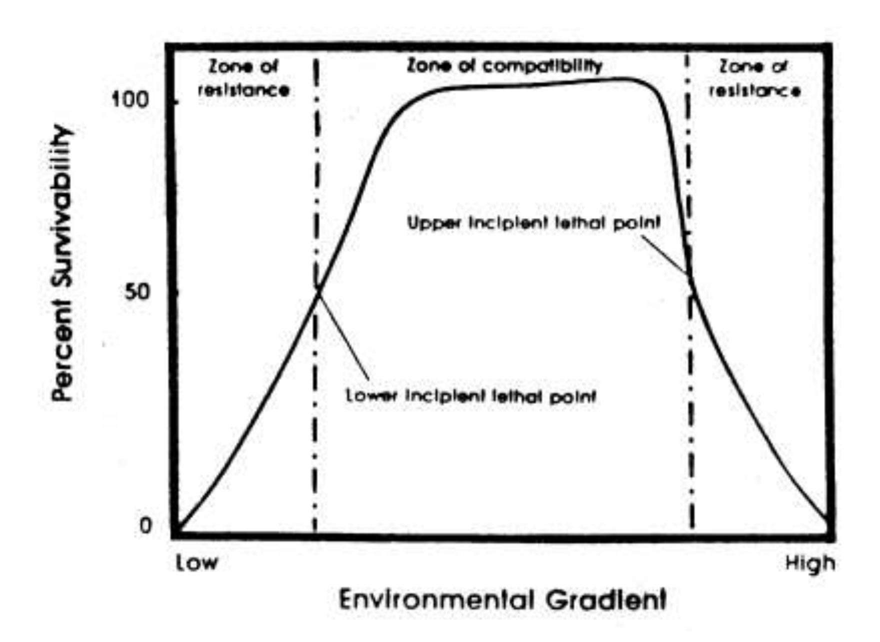
1- أما أن تهاجر إلى مناطق اكثر ملائمة للمعيشة .
2- او تبقى في البيئة الصعبة وتتأقلم لها .

واذا حدث أصبحت الظروف والضغوط البيئية صعبة جداً فان الحيوانات سوف تهلك بدون شك. علما بان هذه الضغوط البيئية هي ليست ضغوط طبيعية ناشئة من المحيط فقط وانما هناك ضغوط تنشأ عن التنافس الذي يحصل بين افراد النوع الواحد او بين افراد الأنواع المختلفة التي تعيش في نفس المكان على الغذاء والمكان . . وان لكل نوع من الأنواع الاحياء المائية مدى معروفاً ومحددا من التحمل للعوامل الحياتية واللاحياتية المؤثرة فيه ويمكن من خلال ذلك معرفة الحدود التي لاتستطيع هذه الاحياء المعيشة (الشكل 2-6) .

ان استجابة الحيوان الى اية مجموعة من العوامل البيئية قد يعكس مدى التغير الفسلجي الذي حصل في جسمه ويطلق على ذلك بالتأقلم Acclimation وفي حالة تغير العوامل البيئية مرة اخرى فالحيوان يحاول التغيير من حالته الفسلجية طبقا للظروف المتغيرة. علما بان قابلية الحيوان على هذه التغير تعتمد على اسس وراثية تحددها.

التأقلم :

تتاقلم الاحياء المائية التي تقطن مصبات الانهار وتكتسب مقاومة لبعض العوامل البيئية وذلك في حالة تجاوزها الحدود والتي بامكان الكائن الحي تحملها ومن اهم العوامل التي يتأقلم اليها الكائن الحي في تحمله ما ياتي :



شكل رقم (2−6) مناطق المقاومة والمنافسة للكائنات الحية (من Ketchum 1983)

1. الملوحة :

ان حدود الملوحة الحرجة التي تفصل تجمعات الحيوانات التي تعيش في المياه العذبة عن تجمعات الحيوانات البحرية تقع بين 5−8 جزء بالالف . وهذه الحدود في درجة الملوحة قد وصفت لاول مرة في الثلاثينيات ومن ثم تم توثيقها في نهاية الستينات والتي كانت مستنبطة من مجموعة من الظواهر الفسلجية التي تضم القدرة على المعيشة والنمو والحركة والتنظيم الازموزي Osmoregulation .

وعلى سبيل المثال ينخفض تركيز سائل الجسم لعدد من الحيوانات التي تعيش في المياه المويلحة الى 5 جزء بالالف قبل ان يحدث أي ضرر جسيم للكائن الحي . ولكن في حالة هبوط التركيز دون النسبة المذكورة فان خلايا جسم الحيوان تبدأ بلاختلال في نظامها الكيمياوي والمعتمد على ايونات املاح المختلفة ومن ثم تبدا مادة الزلال الموجودة في الانسجة المختلفة بالتغير الكبير في تركيبها .

وهناك عدد من الاسس التي يمكن اعتمادها بخصوص استجابة كائنات مصبات الانهار للتتغيرات التي تحصل في درجة الملوحة وهي :

أ. تتحمل الاحياء المائية التي تعيش في منطقة مصبات الانهار والتي تتعرض الى تغيير كبير في درجة الملوحة مدى اوسع من درجات الملوحة من الاحياء البحرية .
ب. تتحمل الاحياء المائية التي تعيش في منطقة المد والجزر مدى اوسع في درجة الملوحة التي تعيش في اعالي البحار .
ج. تكون للاحياء الجالسة (الثابتة) القابلية في تحمل مدى واسع من درجة الملوحة اكثر من الاحياء المتحركة التي تكون لها القابلية على الحركة والانتقال من مكان الى اخر عندما يبدأ التغير في درجة الملوحة .

وتختلف درجة التحمل للملوحة بين المراحل اليرقية المختلفة والافراد الناضجة للفرد الواحد . فعلى سبيل المثال تتحمل الافراد الناضجة للسرطان البحري *Uca pugilator* فترات طويلة من التعرض لدرجة ملوحة 5 جزء بالالف بينما المراحل اليرقية المختلفة لنفس النوع لاتستطيع التعرض لدرجات ملوحة اقل من 2 جزء بالالف هذا وتدل الابحاث على ان درجة تحمل اليرقات لدرجة الملوحة تعتمد على مدى القابلية التي تمتلكها الافراد الناضجة في المجموعة . فعلى سبيل المثال لو تم نمو الادوار اليرقية لنوع القشريات من مجموعة مزدوجة الارجل *Gammarus duelieni* في درجة الملوحة 2 جزء بالالف فانها تقاوم وتعيش في الماء العذب في حالة نقلها اليه احسن بكثير من اليرقات التي كانت افرادها تعيش في ماء ملوحته تبلغ 30 او 40 جزء بلالف .

كما تتاثر درجة تحمل اليرقات للملوحة بملوحة الماء الذي فقست فيه فقد وضح ذلك من خلال التجارب التي اجريت على يرقات المحار الامريكي *Crossostrea rirginica*الذي تعيش افراده في بيئات ذات ملوحة مختلفة فهي تتواجد في البحار والمحيطات والمياه المويلحة . وقد وجد بان قابلية تحمل اليرقات التي تفقس في مياه ذات ملوحة واطئة اعلى بكثير من تلك التي تفقس في مياه ذات ملوحة عالية . وبعد اجراء المزيد من التجارب في مجال التضارب والتزاوج وجد بان عاملا الوراثة والخواص السايتوبلازمية للخلية يلعبان دوراً مهما في تحمل الكائن الحي للملوحة .

2. درجة الحرارة :

تظهر درجات الحرارة في بيئة مصبات الأنهار تبايناً واضحا ولها تأثير في قابلية الكائن الحي لتحمل الاختلافات في الملوحة .وبصورة عامة يمكننا القول بان أنواع الأحياء المائية التي تعيش في المناطق الاستوائية بإمكانها تحمل ملوحة واطئة كلما

ازدادت درجة الحرارة ، بينما الأنواع التي تعيش في المناطق الباردة تستطيع تحمل درجة الملوحة الواطئة كلما انخفضت درجة الحرارة .

ويعتمد توزيع بعض الاحياء في مصبات الانهار على التداخل الذي يحصل بين التحمل لدرجتي الحرارة والملوحة . ففي الحيوان القشري *Derochoilocaris typica* وجد بان نسبة الوفيات تكون اقل في درجات الحرارة الواطئة وعليه فانها تتواجد في بيئة مصبات الانهار عند ما تكون الملوحة واطئة. كما وجد بان هناك تداخلاً بين الملوحة والحرارة وبيئة الكائن الحي، ففي بعض أنواع الديدان العديدة الاهلاب من نوع *Cymenella torquata* وجد انها تتحمل الملوحة الواطئة في درجات الحرارة الواطئة وعليه فانها تتواجد في بيئة مصبات الانهار عندما تكون الملوحة واطئة وخلال موسم الشتاء .

وتكون الحيوانات التي تقطن المناطق الباردة عموماً اقل تحملا لارتفاع درجات الحرارة واكثر تحملا للبرودة والعكس صحيح للحيوانات التي تعيش في المناطق الدافئة. وضمن مصب النهر توجد علاقة مابين درجة التحمل للحرارة والمكان الذي تعيش في الاحياء . فالحيوانات التي تعيش في المناطق العليا من منطقة المد والجزر تكون على درجة عالية من التحمل لدرجات الحرارة . اما الحيوانات التي تعيش في قتناة المصب فهي اقل تحملا لها .

ويختلف تاثير درجة الحرارة في الادوار اليرقية المختلفة . فاليرقات مثلا تستطيع تحمل درجات الحرارة الواطئة اكثر من الافراد الناضجة كما هو الحال في حيوان السرطان التابع الى جنس *Uca* . بينما يرقات المناطق المعتدلة يكون لها سلوك مغاير.

3. الاوكسجين :

تتواجد في العديد من مصبات الانهار فترات تكون فيها كمية الاوكسجين الذائب قليلة جداً خاصة في الجزء الاسفل من مياه المصب الذي يكون فيه تركيز الاوكسجين اقل بكثير من تركيزه في الجزء العلوي. ويعود السبب في ذلك الى انسياب المياه الثقيلة (الاكثر كثافة) العالي الملوحة والقادمة من البحر باتجاه النهر في الطبقة السفلى من المياه ، اما الطبقة العليا فانها تحتوي على المياه الخفيفة ذات الملوحة الوطئة القادمة من النهر . وفي كثير من الاحيان لايوجد هناك خلط كامل بين كتلتي المياه وعليه تبقى الكتلة العليا من المياه المحتوية على تركيز عالي من الاوكسجين معزولة عن الكتلة

السفلى القليلة الاوكسجين . وتساعد الفعاليات الحياتية في القاع على الزيادة في نقصان كمية الاوكسجين . ومع ذلك فانه من المتوقع جدا ان نلاحظ بان المنطقة السفلى من مياه مصب النهر تحتوي على كائنات حية تستطيع تحمل النقص الكبير في كمية الاوكسجين .

وتستطيع الحيونات الحفارة تحمل حالات نقصان الاوكسجين في انسجتها لمدة طويلة من الزمن . فعلى سبيل المثال تتحمل افراد النوع *Callianassa califomiensis* والنوع *Upogebia pugetensis* التابعة الى مجموعة القشريات من البقاء بدون اوكسجين لمدة 138 ساعة و 81 ساعة على التتالي.

اما بالنسبة لليرقات فمن طبيعة معيشتها في الطبقات العليا من المياه فانها تكون اقل تحملا للنقص في كمية الاوكسجين من الافراد البالغة . فمثلا تكون يرقات السرطان *Uca pugilator* حساسة جدا للنقص في كمية الاكسجين في حين تكون الافراد الناضجة لها قابلية على تحمل حالات نقصان الاوكسجين في انسجتها ولفترات طويلة . ويعود السبب في ذلك كون اليرقات هذه تعيش في الطبقات العليا من المياه الغنية بالاوكسجين في حين تعيش الافراد الناضجة في حفر موجودة في القاع الطيني او الرملي والتي تقل فيها كمية الاوكسجين كثيرا.

ويلعب عامل نقص الاوكسجين دورا مهما في التوزيع العمودي للحيونات . فقد وجد بان ما يقارب من 95% من مجموع الحيوانات تتواجد في الطبقة العليا من المياه. ولنقص تركيز الاوكسجين الاثر الكبير في درجة التحمل لعوامل البيئة الاخرى كالحرارة والملوحة . فمثلا في افراد الروبيان من نوع *Crangon septemspinosa* لها مدى واسع لدرجة الحراة (4 –22 درجة مئوية) والملوحة (20–40 جزء بالالف) حيث تكون نسبة النجاح في معيشتها تصل الى100% . والسبب في ذلك يعود الى الزيادة في تركيز الاوكسجين . اما اذا حصل العكس وقل تركيز الاوكسجين فان المدى لدرجة الحرارة والملوحة يقل وعندها تتعرض الافراد الى الهلاك باعداد كثيرة . كما ان احسن نسبة للنجاح في معيشة الافراد من هذا النوع من الروبيان تقع عند درجة الحرارة الواطئة ودرجة الملوحة العالية .

4. الجفاف :

بعد عامل الجفاف من العوامل المهمة والمؤثرة في حياة الحيوانات الجالسة في منطقة مصبات الانهار خاصة منطقة المد والجزر وبالقرب من الحد الاعلى لمياه المد. الا ان هذا العامل لايعد عاملا مؤثرا لاغلب الاحياء المائية التي تعيش في منطقة المصب او الاحياء المائية المتحركة التي تعيش في نفس المنطقة .

وتمتاز اغلب الحيوانات الجالسة يقابليتها على تحمل الجفاف لمدة طويلة . ويبدو هذا التحمل وكأنه مرتبط مع التوزيع العمودي للحيوانات . اما اهم العوامل التي تؤثر في الجفاف مقارنة بالتوزيع الجغرافي لعدد من النواعم التي تعود الى صنف بطنية القدم فهي :

1. نسبة الماء المفقود
2. كمية الماء المفقود الدنيا التي تمكن النواعم من المعيشة بصورة طبيعية .
3. المدة الزمنية التي يستطيع فيها الكائن الحي تحمل النقص في التراكيز المختلفة.

وعموما تكون الحيوانات الصغيرة اقل تحملا لعملية فقدان الماء وذلك بسبب النسبة الكبيرة بين سطح جسمها الكبير ووزنها . كما ان لبعض الحيوانات البطيئة الحركة والتي تعيش في منطقة المد والجزر القابلية على تحمل معامل الجفاف وخاصة عندما ينحسر الماء عند الجزر. فمثلا تكون لبعض الأسماك الصغيرة التي تعيش في منطقة المد والجزر القابلية على البقاء خارج المياه لمدة بضعة ايام. وبقاء هذه الأسماك على قيد الحياة بدون ماء يعتمد على كون هذه الأسماك تحفظ جسمها وبخاصة السطح الخارجي للغلاصم رطبا. ولبعض الأنواع من هذه الأسماك يلاحظ هناك بعض التحويرات المظهرية التي تساعد في هذه العملية. فعلى سبيل المثال تمتلك افراد النوع التابع للجنس *Adamia* أخدودا في جسمها الذي يبقى رطبا عندما تكون خارج الماء. اما الأنواع الاخرى فتعتمد على أسلوبها في المعيشة. حيث تقوم بحفر حجور لها تكون رطبة ومثالها اسماك أبو شلمبو التي تعود الى عائلة القوبيون. وتزداد نسبة هلاك هذه الاسماك في الجو الجاف ولاتتاثر هذه النسبة عندما تكون الرطبة النسبية للجو35% او اكثر .

ثالثا : البيئة البحرية

تشكل المحيطات الموجودة على سطح الأرض وهي الأطلسي والهادي والهندي والمنجمد الشمالي والمنجمد الجنوبي وكل ما يرتبط بهما من مياه اكثر من 70% من سطح الكرة الأرضية . وتتأثر الحياة في هذه المياه سواء محطيات أو بحار بعدة عوامل

بيئية مثل حركة الماء كالتيارات والأمواج والملوحة ودرجة الحرارة وشدة الإضاءة والضغط . فالأحياء المائية تنمو وتتكاثر وتنتشر وفق ما يتوفر لها من عوامل بيئية خارجية يدعم ذلك .

وتتصف البيئية البحرية والتي تشمل البحار والمحيطات بعدة صفات من أهمها ما يأتي :

1- تشمل البيئية البحرية مساحة كبيرة وواسعة .

2- تكون عميقة وتتواجد الأحياء المائية في جميع أعماقها .

3- وتكون البيئات البحرية بيئات متصلة الواحدة بالأخرى وليست منفصلة كما هي الحال في بيئة المياه العذبة. وتمثل درجة الحرارة والملوحة والعمق والموانع الطبيعية الأساسية لحركة الأحياء البحرية التي تعيش في البيئات البحرية المختلفة .

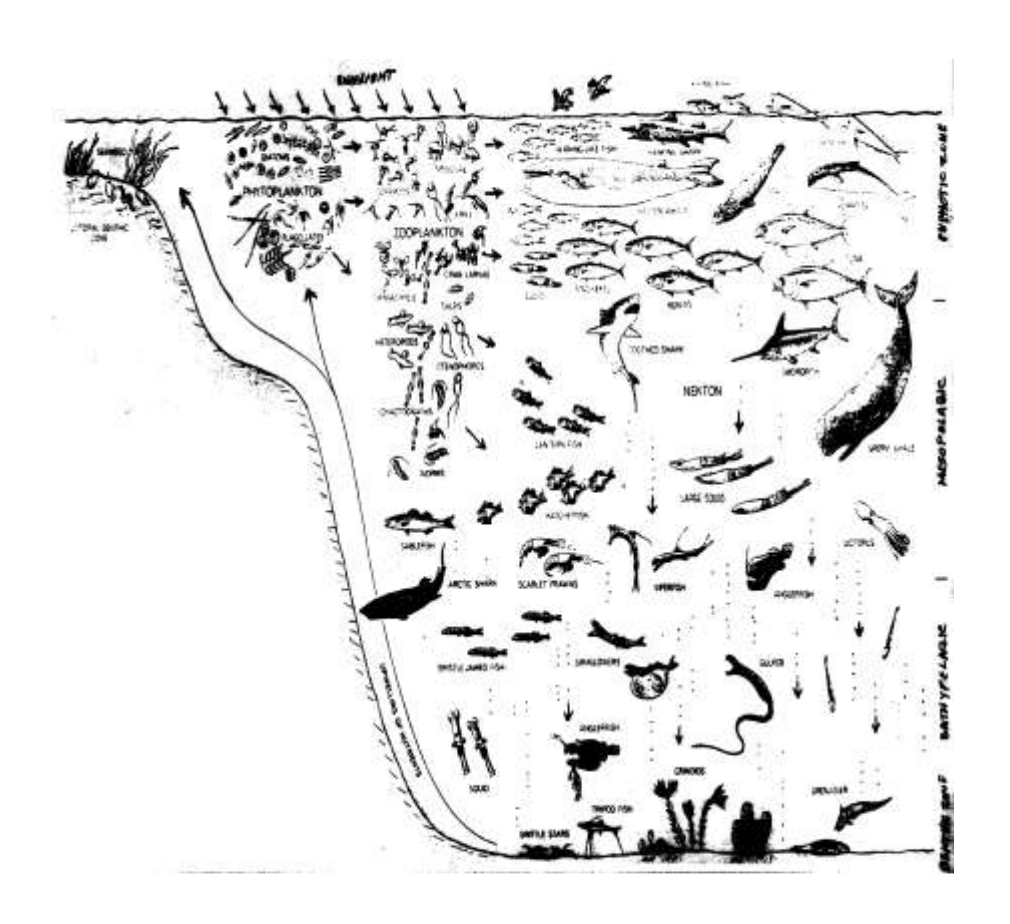
4- تكون مياه البحار والمحيطات في حالة حركة مستمرة تبعا للتيارات المختلفة ودرجة الحرارة وعوامل بيئية أخرى .

5- تتصف مياه البحار والمحيطات وبصورة دائمية بأنواع مختلفة من الأمواج التي تتكون مع فترة المد والتي هي الأخرى تتأثر بحركة القمر والشمس .

6- مياهها مالحة وتقدر الملوحة بحدود 35 جزء بالألف .

7- يكون تركيز المواد المغذية الذائبة واطئا. ويعد هذا العامل من العوامل المحددة لحياة الأحياء البحرية.

وتضم البيئة البحرية أنواع مختلفة من الأحياء ، فبعض المجاميع من هذه الكائنات التي تمثل جزء غير مهم في بيئة المياه العذبة مثل امعائية الجوف وشوكية الجلد والاسفنجيات والديدان الحلقية واغلب أفراد الشعاب المرجانية الحيوانية الصغرى فأنها تمثل جزء مهما في البيئة البحرية . كما ان البكتريا والقشريات والأسماك تلعب دورا مهما في هذه البيئة كذلك . فضلا عن الطحالب كالطحالب البنية والحمراء تتواجد بصورة رئيسة في البيئة البحرية. اما النباتات البذرية فتواجدها قليل جدا عدا نوع الحشائش المعروف باسم *Zostrea* وأنواع أخرى تتواجد على السواحل . وبالنسبة للحشرات فانها مفقودة من البيئية البحرية . ويمكن ملاحظة العلاقة بين المستويات الاغتذائية المختلفة في الاعماق من خلال الاحياء البحرية وطريقة تنظيمها (شكل 2-7)



شكل رقم (2−7) : نموذج من الكائنات الحية البحرية منظمة بطريقة لتبيان السلاسل الاغتذائية الرئيسية وعلاقتها بالعمق (Odum .1971)

مناطق البيئة البحرية

للبيئة البحرية عدة مناطق ويعتمد انتقال الأحياء البحرية بين منطقة وأخرى أساسا على عدة عوامل من أهمها درجة الحرارة والعمق والضغط والتيارات والمواد المغذية ومدى اختراق الضوء لطبقات الماء .

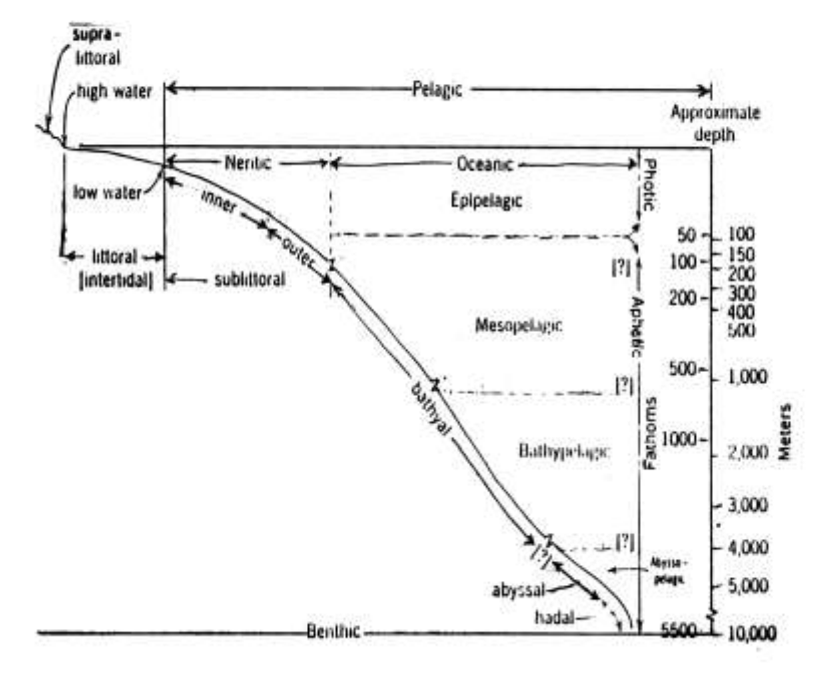
وهناك عدة نظم لتقسيم البيئة البحرية ويتفق العديد من علماء البيئة البحرية على تقسيمها الى خمسة مناطق رئيسة تشمل مايأتي :

1. منطقة المد والجزر	**Intertidal zone**
2. منطقة الجرف القاري	**Continental shelf zone**
3. منطقة اعالي البحار	**Oceanic zone**
4. المنطقة القاعية	**Benthic zone**
5. منطقة الشعاب المرجانية	**Coral reef zone**

وسيتم تناول كل منطقة من هذه المناطق بشئ من التفصيل يشمل حدود كل منطقة وطبيعتها والاحياء البحرية التي تقطنها (شكل 2–8) .

(1) منطقة المد والجزر Intertidal zone

وتسمى منطقة المد والجزر كذلك بالمنطقة الساحلية Littoral وهي من اكثر مناطق البيئة البحرية تباينا في العوامل البيئية . وتمتد هذه المنطقة من اوطأ منطقة معرضة للرياح من قبل الامواج الى اعلى مستوى من الساحل يغطى بالامواج اومياه المد . وبعض الاحيان تقسم منطقة المد والجزر الى ثلاثة اقسام ثانوية اخرى تعرف بالمنطقة العليا والوسطى والسفلى لمنطقة المد والجزر وتكون الحدود الفاصلة بينها متداخلة ومن الصعوبة بمكان تحديدها بصورة مضبوطة .



شكل رقم (2–8) : مناطق البيئة البحرية (Lagler etal . 1962)

أما طبيعة منطقة المد والجزر فانها تكون صخرية او رملية او طينية ، وتختلف الاحياء التي تتواجد في المنطقة حسب طبيعتها .ويتواجد القاع الصخري لهذه المنطقة عندما تكون حركة الامواج بالقوة التي تستطيع بها جرف المواد الناعمة وحملها بعيدا عن المنطقة تاركة الصخور معرضة لتلك الامواج . وذلك يكون القاع صلب وثابت ويصلح لنمو العديد من الكائنات التي تحتاج الى الالتصاق مثل الطحالب القاعية الكبيرة وبعض الحيوانات القشرية والنواعم . اما القاع الرملية لمنطقة المد والجزر فهي تلك التي تحوي على الرمال على اختلاف انواعها فهناك الرمال ذات الحبيبات الكبيرة التي يتراوح قطرها بين 0.2 – 2 ملم ، والرمال ذات الصغيرة التي يتراوح قطرها 0.02 –0.2 ملم . وتحتوي القاع الرملية بصورة عامة على مواد مختلفة نوعا وحجما . فرمال بعض مناطق المد والجزر تحتوي على مادة السليكا بصورة رئيسة. وفي القيعان الطينية لمنطقة المد والجزر يلاحظ احتوائها بصورة رئيسة على الغرين والطين . والحبيبات الدقيقة التي تستقر في القاع عندما يكون الماء في المنطقة هادئا وعليه فان القاع الطينية لمنطقة المد والجزر تتواجد عندما تكون حركة الماء هادئة .

الكائنات الحية

تعيش الكائنات الحية في منطقة المد والجزر التي لها درجة عالية من التحمل لضروف المنطقة بسبب تعاقب المد والجزر تعاقب الجفاف والرطوبة . وتكون الاحياء البحرية في هذه المنطقة متأقلمة لذلك حيث يكون هذا التعاقب منتظما . وبالنسبة للكائنات المتحركة فانها تتحرك مع المياه المد والبعض الاخر له القابلية على الحفر ودفن اجسامها في المناطق الرطبة الى ان يعود المد مرة ثانية .وهناك انواعا من الطحالب التي تبقى نسبة معينة من الرطوبة بين انسجتها بحيث يمكن ان تكيف هذه الانسجة لفترة الجفاف .

وتتواجد في منطقة المد والجزر ذات القعر الرملي أنواع من الحيوانات التي تكون لها القابلية على الحفر. من اهم هذه الحيوانات الديدان العديدة الاهلاب Arenicola وأنواع القشريات مثل Talitrus و Talorchestia وهذه القشريات تتغذى بصورة رئيسة على الاعشاب البحرية المتفسخة . فضلا عن وجود أنواع من شوكية الجلد ، اما النواعم فأشهر انواعها التي تعيش في القاع الرملية هي النواعم المعروفة باسمها العلمي *Ensis*

كما تتواجد أنواع من نصفية الحبل Hemichordate في المنطقة . اما في المناطق الاستوائية فتواجد أنواع من السرطانات الحفارة المعروفة باسم *Emerita* .

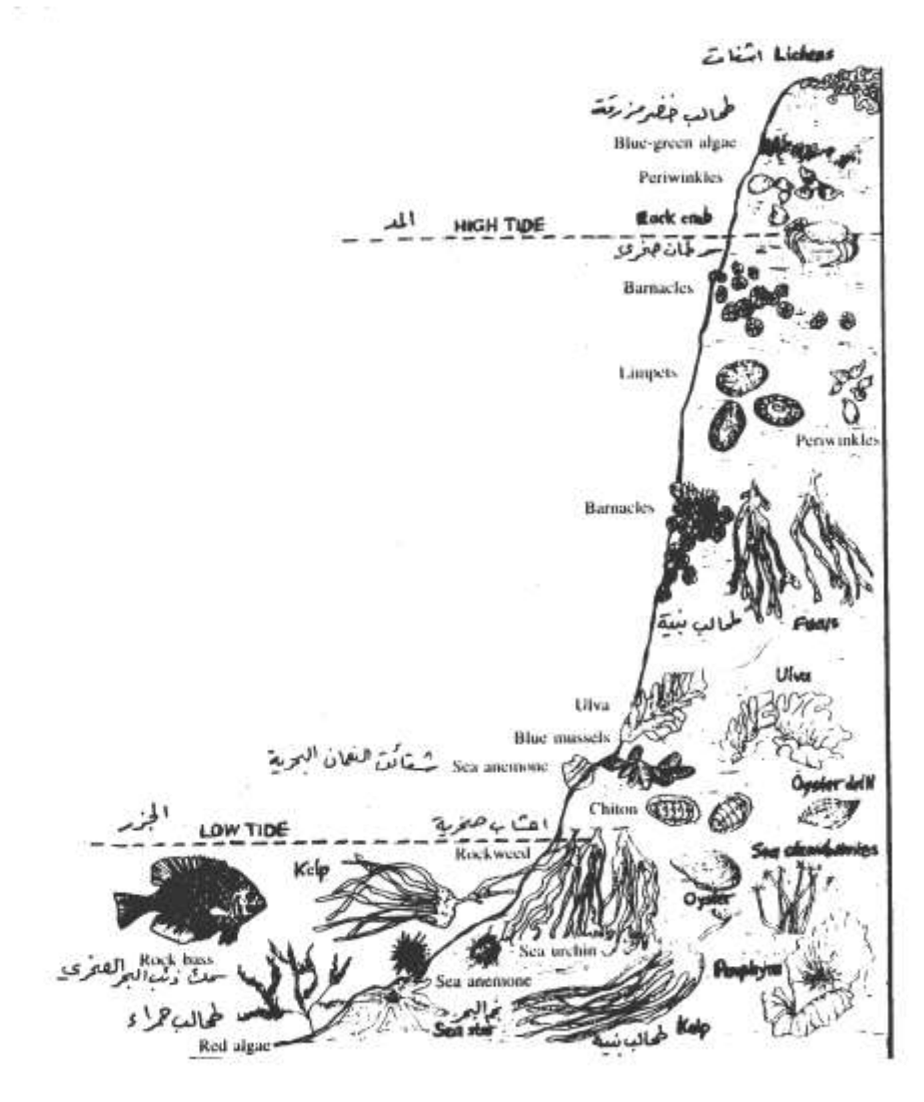
اما في منطقة القاع الصخري فهناك أنواع اخرى من الكائنات التي تعيش في هذه المنطقة منها القشريات المعروفة باسم *Orehestia* . اما الطحالب فهي الاخرى متواجدة في منطقة المد والجزر ذات القاع الصخرية منها الطحالب الخضراء *Enteromorpha* وتتغذى على هذه الطحالب وغيرها من النباتات أنواع من النواعم من صنف بطينة القدم .

وهناك أنواع من الطحالب البنية مثل طحلب *Pelvetia canaliculata* وطحلب *Fucus spiralis* وعندما ينحسر الماء من المنطقة عند الجزر تظهر كائنات حية أخرى مثل النواعم البطنية القدم منها *Littorina littorea* كما يشاهد نوع من الروبيان الصغيرة الحجم ونوع من شقائق النعمان *Actinia* في البرك على بعض أنواع السرطان التي تعيش في القواقع الفارغة من الأنواع التابعة مثل *Littorina* و *Gibbula* . كما تتواجد في منطقة المد والجزر ذات القاع الصخري أنواع من الديدان المعروفة مثل *Nereis* ونجم البحر *Asterias* . اما اسماك هذه المنطقة فغالبا ما تكون من عائلة القوبيون وعائلة Blennies وعائلة الأسماك العقربية وغيرها (الشكل 2–9).

وتكون منطقة المد والجزر ذات القاع الطينية اكثر ثباتا من ذات القيعان الرملية وتتواجد فيها حيوانات مختلفة وبصورة رئيسة القشريات والنواعم التي تتواجد على السطح او داخل الترسبات او في داخل الحفر الرطبة او تحت الصخور التي قد تتواجد في المنطقة . فالقشريات تضم أنواع السرطانات منها النوع *Carcinus* والنواعم *Littorina littorea* وبعض أنواع الروبيان منها *Leander* و *Crangon* وكذلك تتواجد أنواع من الديدان الحلقية منها *Neries diversicolor* و *Cirratulus* وهذه الديدان من اكثر الأحياء البحرية تواجدا في القاع الطينية لمنطقة المد والجزر. ومن النواعم هناك بعض الأنواع من صنف ذات الصدفتين منها *Tellia* و *Macoma* و *Cardium* ويلاحظ كذلك ان النباتات التي تعيش في هذه المنطقة تشمل بعض أنواع من الطحالب البنية المعروفة باسم _*Chorda* و *Laminaria* التي تتواجد عندما تتوفر بعض الحصى في المنطقة لتلتصق عليها . اما الطحالب الخضراء من نوع *Enteromorpha* فان تواجدها ونموها يكون احسن بكثير في القاع الطينية منها من القاع الرملية حيث تكون

على الأولى ما يشبه البساط المتفكك . هذا وتتواجد أنواع من الطحالب الوحيدة الخلية وبعض أنواع الدايوتومات (الطحالب العصوية) في هذه المنطقة كذلك .

الشكل رقم (2–9) : جانب من المجمعات الإحيائية لقاع صخري في منطقة المد والجزر



(بعد Thurmam and Webber 1984)

(2) منطقة الجرف القاري _ Continental Shelf Zone

وتحدد منطقة الجرف القاري بالشريط العريض والضحل لقاع البحر الذي يمتد من نهاية منطقة المد والجزر ولغاية عمق يتراوح بين 100–200 متر ، اما عرض هذه المنطقة وعمق الحافة الخارجية لها فتباين كثيرا . وتلي منطقة الجرف القاري منطقة الانحدار القاري التي تتميز بكونها منطقة ذات انحدار قوي وتندمج مع قاع البحر بحدود عمق يتراوح بين 400–500 متراً وبالرغم من التباين الكبير في الانحدار لمنطقة الانحدار القاري فان في هذه المنطقة تتواجد بعض التعرجات الأرضية . وتغطى منطقة الجرف القاري والانحدار القاري مساحة تعادل 80% من مجمل مساحة قاع البحر .

ويمكن تقسيم منطقة الجرف القاري الى منطقة داخلية وأخرى خارجية اما الحدود الفاصلة بين هاتين المنطقتين فأنها تعتمد على اختراق الضوء لكلتا المنطقتين . ولاتصل المنطقة المضيئة الى أعماق كبيرة في منطقة الجرف القارئ كما هي في منطقة أعالي البحار وذلك بسبب الكدرة القاعية على الجرف القاري. ألا ان بعض المناطق تكون منطقة الجرف القاري واقعة بصورة كاملة في المنطقة المضيئة وعليه فان المنطقتين السابقتين الذكر لا يكون لها أي وجود.

الكائنات الحية

يمكن تقسيم الأحياء البحرية التي تقطن منطقة الجرف القاري الى مجموعتين رئيستين هما :

أ– الأحياء البحرية المنتجة .

ب– الأحياء البحرية المستهلكة .

أ. **الأحياء البحرية المنتجة** : وتشمل الهائمات النباتية كالدايوتومات وقديرة الاسواط Dinoflagellates التي تعد سائدة في جميع مناطق الجرف القاري . كما ان السوطيات الدقيقة هي الأخرى مهمة في وجودها في المنطقة. وتسود الدايوتومات في المياه نصف الكرة الارضية الشمالية في حين تسود مجموعة قديرة الاسواط في المناطق شبه الاستوائية والاستوائية وغالبا ما تتعاقب مجموعة قديرة الاسواط مع الدايوتومات في مياه المناطق المعتدلة .

وتتواجد الطحالب الخضراء الكبيرة بالقرب من الشواطئ وتكون عادة ملتصقة على الصخور او القيعان الصلبة، كما تتواجد انزاع أخرى من الطحالب كالبنية والحمراء. وتقع الطحالب الحمراء في المناطق العميقة .

ب. الأحياء البحرية المستهلكة : وتشمل ما يأتي :

1. **الهائمات الحيوانية** : تعد أنواع القشريات التي تعود الى المجاميع Copepod, Euphausids وجنس *Calanus* من أهم الهائمات الحيوانية في منطقة الجرف القاري . وتتواجد بعض الابتدائيات مثل الفورامنيفيرا والدولابيات وبعض الهدبيات. وكذلك بعض أنواع من النواعم تعود الى المجاميع Pteropods و Heteropod وامعائية الجوف كالميدوزا الصغيرة الحجم وبعض أنواع المشطيات Ctenophores وبعض الديدان من مجموعة عديدة الإهاب الحرة السباحة.

ولاغلب اليرقات للهائمات الحيوانية القابلية على انتخاب القاع الملائمة التي سوف تنشأ عليها الأفراد البالغة. وان بعض يرقات الديدان العديد الإهاب لاتستقر على القاع بصورة اعتباطية وانما تستجيب الى بعض العوامل الكيميائية المتواجدة في القاع التي سوف تستقر عليها مستقبلاً. وعندما تستعد اليرقة للتحول الى دور البلوغ تقوم بفحص القاع فان كانت ملائمة فأنها تتحول الى أفراد بالغة وعكسه تؤجل عملية التحويل لبضع أسابيع أخرى.

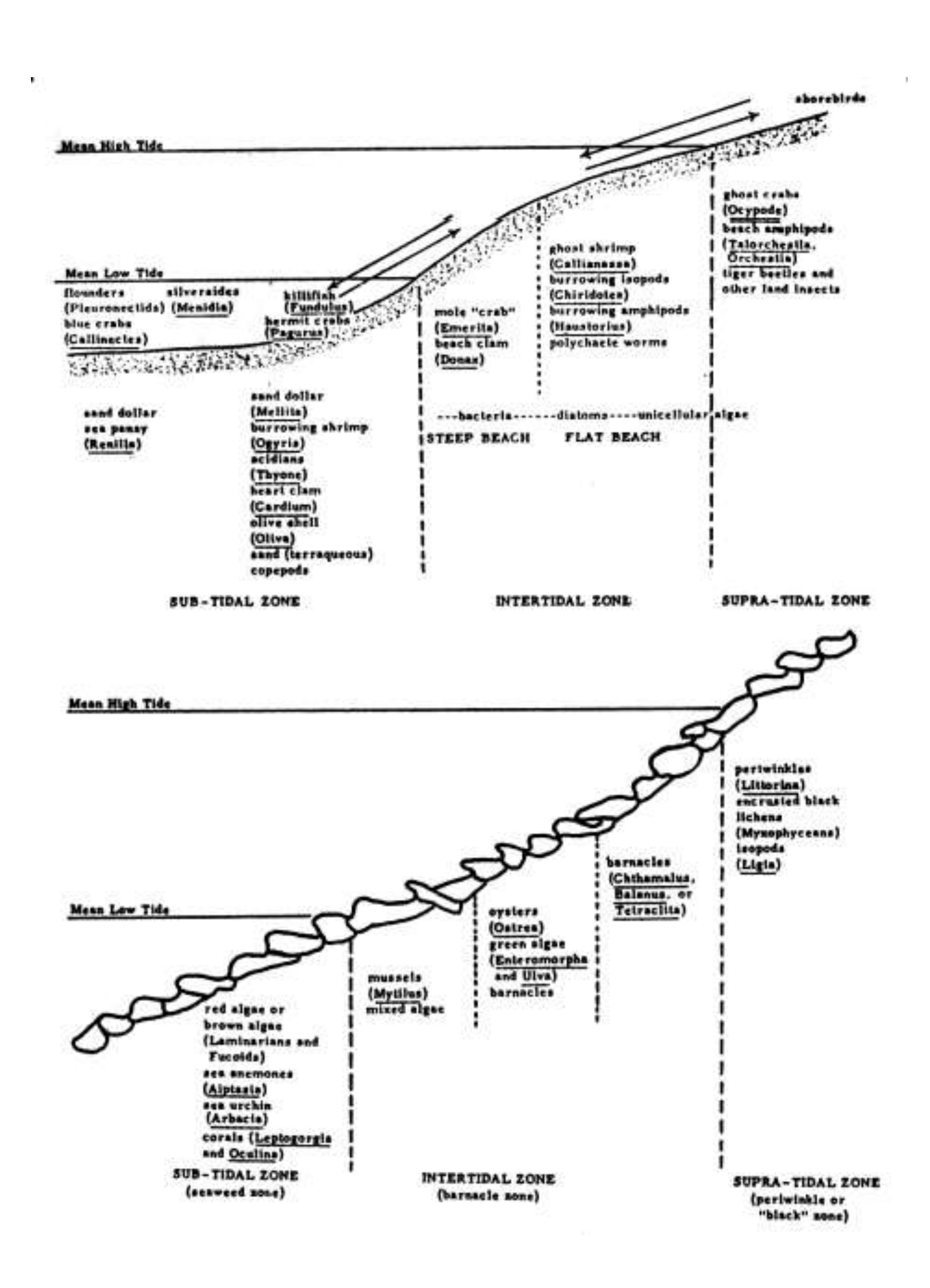
2- **الحيوانات القاعية** : ان معظم الحيوانات القاعية تكون حيوانات جالسة أو غير نشطة نسبياً وتحتل موقعاً واضحاً في منطقة الجرف القاري. وتختلف هذه الحيوانات تبعاً لطبيعة موقعها فهي اما تكون فوق منطقة المد وغالباً ما تتعرض إلى الجفاف أو تكون ضمن منطقة المد والجزر او تكون مغمورة بصورة دائمية بالماء. والحيوانات التي تقطن النوع الأول من المناطق لها القابلية على تحمل حالة الجفاف وتغيرات درجة حرارة الهواء. اما التي تكون مغمورة بالمياه فتكون لها القابلية على التغيرات التي تحصل نتيجة حركة الماء في حالة المد والجزر .

وتتوزع الحيوانات بصورة عمودية ضمن عمود المياه فهناك مجموعة منها تعرف باسم مجموعة الحيوانات القاعية الفوقية Epifauna التي تعيش أفرادها اما ملتصقة او

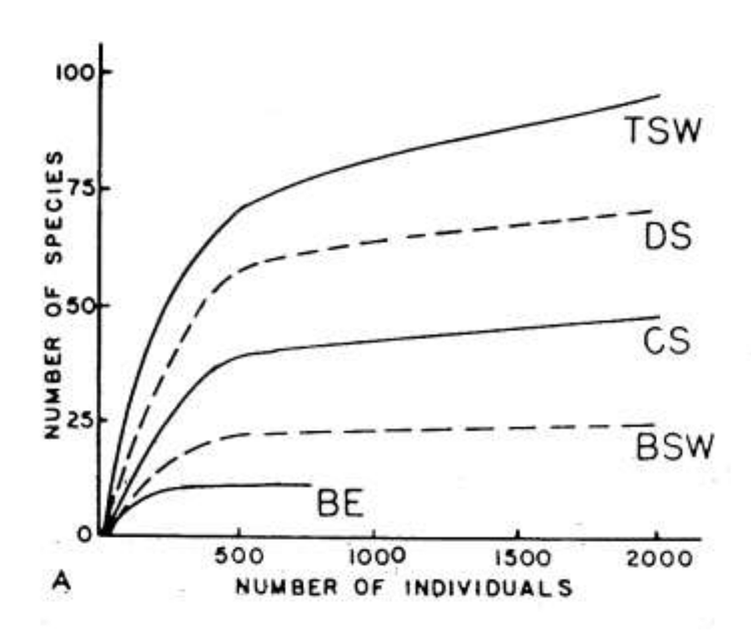
متحركة بصورة طليقة على سطح القاع. ومجموعة أخرى تعرف باسم مجموعة الحيوانات القاعية التحتية In fauna التي تعيش أفرادها داخل حفر تعملها في القاع او في حفر أنبوبية الشكل تبنيها لهذا الغرض. وتصل أفراد المجموعة الأولى إلى أعلى مراحل النضج في منطقة المد والجزر وتنتشر على معظم قاع المنطقة اما أفراد المجموعة الثانية فتصل الى أعلى مراحل نضجها في المنطقة المغمورة بالمياه وتتدرج مجاميع الحيوانات القاعية الواحدة تلو الأخرى ابتداءً من منطقة السواحل وحتى الحافة النهائية لمنطقة الجرف القارئ. وهذا التدرج يعتمد بصورة رئيسية على نوع القاع من حيث كونه قاعاً رملياً أو صخرياً أو طينياً. وفي الشكل رقم (2−10) يوضح مقارنة لمقطع في منطقة رملية وأخرى صخرية . ومن هذا الشكل يلاحظ ان هناك عددا قليلا من الأنواع التي تكون مشتركة بين المنطقتين فضلا عن وجود الأحياء المتعددة الخلايا فيوجد أيضا عدد كبير من الطحالب الأحادية الخلية والخيطية والبكتريا وبعض أنواع الحيوانات اللافقرية الصغيرة .

ومن الحيوانات القاعية التي تعيش في القاع الرملي بعض أنواع القشريات كالسرطان المعروف باسم *Emerita* الذي له القابلية على الحفر السريع في الرمل . وتتغذى هذه السرطانات على أنواع الهائمات التي تتواجد فوق القاع الرملية في حالة المد ويلتقطها بواسطة مجساتة الطويلة والريشية الشكل ، فضلا عن السرطانات فان أنواع من الديدان تتواجد وتعيش في حفر وتتغذى على المواد الغذائية المتواجدة في الرمل وعلى الفضلات التي تدخل الحفر.

ولا تتواجد الحيوانات القاعية بصورة منتظمة في الأجزاء العميقة من منطقة الجرف القاري وانما تكون متداخلة فيما بينها وتقل كثافة الحيوانات القاعية في الرواسب الهشة Soft deposit مع الزيادة في العمق وعلى سبيل المثال يتواجد في منطقة الجرف القاري بحدود 6000 فرد في المتر المربع الواحد في حين يصل العدد الى حوالي 25−100 فرد في المتر المربع في منطقة قاع المحيط . والسبب في ذلك قد يعود الى قلة الإنتاجية مع زيادة العمق. وقد لوحظ زيادة الأعداد في الأعماق السحيقة اكثر منها في مناطق الجرف القاري وهذه النتيجة لا ترتبط مع الإنتاجية بل مع ثبوت العوامل البيئية عند هذه الأعماق (الشكل رقم 2−11)



شكل رقم (2–10) : مقطع لساحل رملي (أعلى) وساحل صخر(اسفل) يظهر المناطق المختلفة وأنواع الكائنات الحية المتميزة والسائدة (Odum 1971)



شكل رقم (2−11) : منحنى تواجد الأنواع لبيئات مائية مختلفة . TSW= المياه الضحلة الاستوائية DS= أعماق البحار ، CS= الجرف القاري ، BSW= المياه الضحلة الشمالية ، BE= المصبات الشمالية (Odum 1974) .

جـ. الكائنات السابحة (النكتون) والكائنات السطحية السابحة (النيستون) : تشمل الكائنات السابحة او النكتون الأسماك والبرمائيات وهي التي لها المقدرة على السباحة والسيطرة على حركتها في الماء . اما الكائنات السطحية السابحة او النيستون فهي تلك التي تستقر او تسبح على سطح الماء ، بالإضافة أي الأسماك التي تمثل الجزء الأكبر من هذه المجموعة هناك بعض أنواع القشريات الكبيرة والسلاحف واللبائن المائية كالحيتان والفقمة والطيور المائية . ومن خواص أفراد هذه المجموعة وصفاتها ان يكون مجال انتشارها واسعا . كما تتحدد هذه الكائنات في حركتها بنفس العوامل البيئية التي تحدد الأحياء البحرية القليلة الحركة وهي كل من درجة الحرارة والملوحة والمواد المغذية وطبيعة القاع .

(3) منطقة أعالي البحار _Oceanic zone

تبدأ منطقة أعالي البحار بعد منطقة الجرف القاري وقد تصل الى عمق اكثر من 10000 متر . ويمكن تقسيمها عموديا الى أربعة أقسام وهي :

1.المنطقة السطحية العليا Epipelagic : وتقع تحت عمق 200 متر وتمتد من السطح .

2. المنطقة السطحية الوسطى Mesopelagic : وتمتد الى عمق 1000متر .

3. منطقة Bathypelagic : وهي المنطقة الواقعة بين عمق 1000 متر ولغاية 3800 متر.

4. المنطقة الفوق القاعية Abysopelagic : وهي المنطقة العميقة جدا من البحر التي يزيد عمقها عن 3800 مترا .

علما أن الحدود الفاصلة بين المناطق الأربعة أعلاه غير واضحة وتكون متباينة في بعض الأحيان . وتتواجد في كل منطقة أحياء بحرية متميزة الواحدة عن الأخرى . وتعد المنطقة الضوئية Photic zone جزء من المنطقة السطحية العليا Epipelagic ولكنها تمتد تحتها إلى مسافة ابعد من ذلك وتعتبر هذه المنطقة من المناطق الغنية بالإنتاجية بالرغم من أنها تمثل نسبة صغيرة من الحجم الكلي بالبيئة السطحية للبحر فأنها تحتوي على معظم أنواع الأحياء البحرية . وتكون درجة الحرارة بصور عامة عالية وقابلة للتغيرات الموسمية والجغرافية .

أما المنطقة السطحية الوسطى Mesopelagic وعند وسط عمقها تتميز بتغير كبير في درجات الحرارة. والضوء لايصل هذه المنطقة فلا يتوقع وجود أي نبات فيها. وتعتمد الكائنات المستهلكة الأولية في غذائها على بقايا الغذاء والفضلات الساقطة من الطبقات العليا . وهناك العديد من الحيوانات الصغيرة التي تقوم بالهجرة خلال النهار إلى المنطقة العليا Epipelagic لاجل التغذية على النباتات (الهائمات النباتية) .

اما المنطقتين الثالثة والرابعة فهما تتميزان بالتماثل للعوامل البيئية مثل ثبوت درجة الحرارة وانعدام الضوء . اما التغيرات البيئية التي قد تحدث فهي تلك التغيرات التي تخص التدرج في كثافة الماء الأمر الذي يحفز على أحداث تيارات المياه العميقة بالنظر لعمق هاتين المنطقتين فيلاحظ ان الضغط العالي فيهما يؤدي إلى التغير الكبير في

لزوجة المياه بالنسبة لحركة بعض الأحياء البحرية التي تقطن هاتين المنطقتين . وتكون الحيوانات مكيفة للمعيشة على أعماق كبيرة وعندما تخرج إلى السطح لا تستطيع الاستمرار في الحياة نتيجة لزوال الضغط عنها .

الكائنات الحية

تتميز مجاميع الأحياء البحرية التي تقطن منطقة أعالي البحار بكونها ذات المعيشة القاعية والسطحية . فالهائمات النباتية تكون من الهائمات الدقيقة Microplankton تعيش في المنطقة الضوئية التي تمتد الى أعماق كبيرة في منطقة أعالي البحار وتلعب دورا مهما في توازن الأوكسجين وثنائي أو كسيد الكربون على سطح الكرة الأرضية بسبب كبر مساحة هذه المنطقة حيث تشكل ما مجموعة 90% تقريباً من مساحة المحيطات . ورغم هذه المساحة الكبيرة ألا أن معدل الإنتاجية الأولية للهائمات النباتية فيها اقل من مناطق المحيطات الأخرى (الجدول 2–3) .

الجدول (2–3) : الإنتاجية الأولية للهائمات النباتية في المحيطات (السعدي1993)

المنطقة	% من مساحة المحيطات	المساحة (مليون كيلو متر مربع)	معدل الإنتاجية (غم كربون /م2 /سنة)	مجموع الإنتاجية 10^9 طن/سنة
اعالي البحار	**90**	**326**	**50**	**16.3**
المنطقة الساحلية	**9.9**	**36**	**100**	**3.6**
منطقة الانبعاث القاعي	**0.1**	**0.36**	**300**	**0.1**

أما الهائمات الحيوانية تكون من مجموعة الهائمات التي تتحمل الملوحة Holoplankton . وتحتوي بصورة رئيسة على مجموعة من القشريات المعروفة باسم Euphausid التي تعد من أهم المواد الغذائية للأسماك . وتتكيف الأحياء البحرية للمعيشة في هذه المنطقة بان تكون طافية خلال عمود الماء بمساعدة عدة تراكيب في

أجسامها كالأشواك والقطرات الزيتية والمحافظ الهلامية Gel capsule والمساحة السطحية الكبيرة وغيرها .

وتتواجد في منطقة أعالي البحار أنواع الطيور البحرية المختلفة التي نادرا ما تستقر على الأرض ما عدا في مرحلة وضع البيض . وكما ان الحيتان تعتبر من الأحياء البحرية المهمة في هذه المنطقة التي تقضي كل حياتها في الماء وتتنفس الهواء الطلق ويتغذى معظمها على الهائمات الحيوانية . وتقل كثافة تواجد الأحياء البحرية كلما ازداد العمق ولكن ضمن جزء معين من أية منطقة من مناطق البحر او قاعه يزداد عدد أنواع الأحياء البحرية كلما كانت العوامل البيئية ثابتة . وتتأثر بيئة أعالي البحار ببعض العوامل الحياتية من أهمها :

أ . الهجرة :

يلاحظ بان إمكانية بعض أنواع الأحياء البحرية في نشر إفرادها في جميع الأماكن البيئية المتوفرة هو عامل مهم في تحديد القدرة على النجاح في معيشتهم في هذه البيئة . وتعتمد الأنواع التي تكون طبيعة حياتها ملتصقة بالقاع في نجاحها في البحر على الأدوار الهائمة من حياتها أو على الأدوار اليرقية في حالة الحيوانات وعلى الأبواغ (السبورات) في حالة الطحالب حيث إن الأخيرة تتأثر كثيرا بالتيارات . ولهذا السبب وبسبب عدم كفاية طريقة الانتشار هذه فان الأحياء البحرية تنتج أعدادا هائلة من الأدوار الجنينية التي تنتشر في كل مكان من اجل النجاح في معيشتها في البيئة البحرية. فمثلا ينتج المحار بضعة آلاف من البيوض في وقت واحد . واحيانا كثيرة تواجه حركة انتشار الأحياء البحرية سواء كانت أفرادا بالغين او أدوار يرقية عوامل فيزياوية وكيمياوية الأمر الذي يساعد على التقليل من هذه الحركة ويقلل انتشار الأحياء البحرية.

ب. الغذاء

يأتي الغذاء في الأهمية بعد الأوكسجين بالنسبة للأحياء البحرية التي تقضي معظم وقتها وطاقتها في البحث عنه . وتتعدد الطرق التي يتم فيها تغذية الأنواع المختلفة من الأحياء البحرية . فالحيوانات البحرية وحيدة الخلية تلتهم غذاؤها التهاما بعد ان تحيطه بأرجلها المتكونة من المادة الحيوية لجسمها . كما ان هناك العديد من الحيوانات التي تقوم بترشيح المواد الغذائية العالقة في الماء بواسطة طرق مختلفة تختلف حسب نوع

الكائن الحي . فضلا عن ان الحيوانات التي تتغذى على الفضلات التي تتساقط الى قعر البحر والحيوانات المفترسة على اختلاف أنواعها .

ويمكن حصر طرق انتقال المواد الغذائية الى الأعماق السحيقة بأربعة طرق وهي :

1- تساقط الفضلات: وهي الطريقة التي كان الاعتقاد بأنها الأساسية لانتقال المواد الغذائية من السطح الى الأعماق، واتضح في السنوات الأخير ان نسبة هبوط هذه المواد بطيئة جدا بحيث ان معظم الفضلات المتساقطة من السطح تتفسخ او تذوب قبل وصولها القاع.

2- انتقال المواد الغذائية بوساطة أحياء بحرية كالهائمات الحيوانية *Cocolitho phores* المتواجدة بكثرة بين الطبقة المضيئة والقاع .

3- تكوين جزئيات كبيرة من المواد الغذائية او ما يعرف بتجمعات للمواد العضوية .

4- انتقال المواد العضوية من المناطق الساحلية ، حيث تتزود منطقة أعالي البحار بالمواد العضوية عن طريق المنطقة الساحلية بوساطة التيارات المائية .

جـ. مكان المعيشة

لايعد مكان المعيشة مشكلة بالنسبة للحيوانات الطافية والسابحة لذا فأنها لا تتأثر بمشكلة الازدحام او المنافسة على المكان في حين يكون المكان مشكلة واضحة بالنسبة للحيوانات القاعية حيث تزدحم هذه الأحياء في القاع .

(4) المنطقة القاعية : _Benthic zone

ويلاحظ في المنطقة القاعية منطقتين متميزتين هما :

1. **Subneritic** : وهي المنطقة التي تمتد من منطقة السواحل ولغاية عمق 200 متر
2. **Suboceanic** : وهي المنطقة القاعية التي تقع على عمق يزيد على 200 متر .

وتغطى المنطقة القاعية بترسبات بحرية دقيقة مكونة أساسا من الطين ومشتقاته وتبدو هذه الترسبات واضحة عند حركة الحيوانات القاعية عليها من خلال الصور الفوتوغرافية المأخوذة للمنطقة. وتكون القاع الرخوة بمثابة الغطاء للعديد من الحيوانات التي تقطن قاع البحر. اما في الأماكن التي يكون فيها القاع صلبا فتلاحظ تواجد

الحيوانات الملتصقة Attached animals. كما يوفر القاع الصلب والصخور مخابئ لعدد من الحيوانات التي تفتقر الى الحماية الذاتية .

وعند المقارنة مع البيئة السطحية، يلاحظ ان البيئة القاعية تتوفر فيها العديد من أماكن المعيشة وذلك للاختلاف الكبير في طبيعية قاع البحار والمحيطات من مكان لاخر وهذه الحالة غير موجودة في البيئة السطحية . لذا فان البيئة القاعية تتضمن تجمعات مختلفة ومتعددة من الأحياء البحرية على خلاف ما هو موجود في البيئة السطحية .

وتتباين العوامل البيئية كالحرارة والملوحة والضوء وحركة الماء اقل بكثر في البيئة القاعية عنها في الطبقات السطحية . اما في عمق اكثر من 500 متر فلا توجد هناك اية اهمية تذكر للتغيرات الموسمية وكلما ازداد العمق ازداد ثبوت العوامل البيئية.

وتؤثر عدد من العوامل في تكوين المواد التي يتكون منها قاع البحر منها :

1- سرعة التيارات القاعية .

2- العمق .

3- القرب من اليابسة والصفات الجيولوجية للشاطئ .

4- المواد العالقة في طبقة المياه الموجودة فوق القاع .

5- نوع تجمعات الكائنات الحية القاعية .

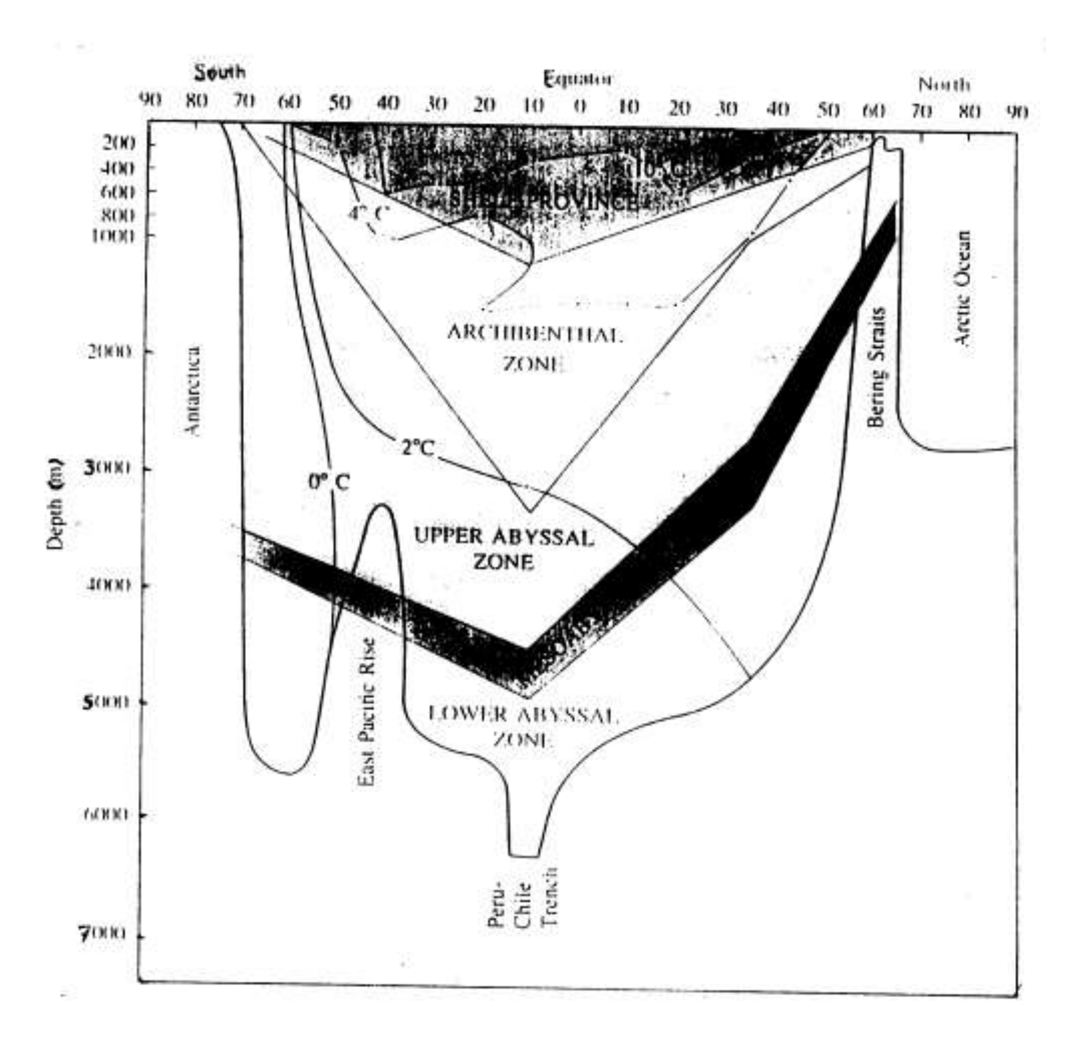
ولسرعة التيارات المائية تأثير واضح في تعرية الصخور الموجودة في القاع من الرواسب التي تغطيها. ففي سرعة التيارات الكبيرة او في المناطق التي تكون غير مستوية وفيها انحدار لاتستقر الرواسب عليها وتتعرى الصخور من هذه الرواسب بفضل تيارات الماء وحركته . وتتحدد نوعية الرواسب اكبر حيث ان الأجزاء الدقيقة لا تستطيع الترسب والبقاء مستقرة في القاع كالأجزاء الكبيرة .

الكائنات الحية

تتوفر في المنطقة القاعية العديد من الأماكن لمعيشة الكائنات الحية. فالمواد الغذائية متوفرة على هيئة فتات من المواد العضوية المتساقطة من الطبقات العليا . وفي بعض الأماكن من هذه المنطقة تكون هذه الكمية من المواد الغذائية كافية لتغذية مجموعة كبيرة من الإحياء البحرية . وبذلك فان العديد من الكائنات المنطقة القاعية تستطيع النمو

الى حجوم كبيرة بسبب قلة الطاقة التي تستهلكها هذه الكائنات للبحث عن الغذاء وذلك لتوفره في منطقة معيشتها .

وفي اغلب المناطق لا تختلط كائنات المناطق العميقة مع كائنات المناطق الضحلة . ومن خلال توزيع أحياء المناطق العميقة يمكن التعرف على حدود بيئة هذه المنطقة . ويمكن ملاحظة بيئة المنطقة القاعية من خلال توزيع كائنات القاع، الاقتراب من السطح عند القطبين وتصبح بعيدة عنهما وبمسافة تقدر بأكثر من الف متر عند خط الاستواء (شكل رقم2−12) . وتعرف ظاهرة اقتراب أنواع كائنات القاع من السطح باسم الانبعاث القطبي Polar emergence .



شكل رقم (2–12) : حدود بيئة أعماق البحار (Thurman & Webber 1984)

وبالرغم من كبر مساحة المنطقة القاعية فان الحياة عليها محدودة . وتواجد اغلب الاحياء يكون عند السطح والى عمق الف متر حيث ان 80% تقريبا من الكتلة الحية للاحياء القاعية موجودة في المنطقة المذكورة اعلاه . وتتناقص الكتلة الحية للحيوانات القاعية مع زيادة العمق. ففي البحار الضحلة والمنتجة يكون مقدار الكتلة الحية مساويا الى 5500 غرام بالمتر المربع . وتنخفض القيمة في البحار والمحيطات العميقة اكثر واكثر وبعض الاحياء يصل الى 0.001غرام بالمتر المربع (جدول 2–4).

جدول رقم (2-4) :الكتلة الحيوية للكائنات القاعية في أعماق البحار.

(من Thurman & Webber , 1984)

العمق	المساحة		معدل الكتلة الحيوية	الكتلة الحيوية الكلية	
(متر)	كم2×10^6	النسبة المئوية	غم/م2 أو طن /كم2	طن متري×10^6	النسبة المئوية
صفر –200	27.5	7.6	200	5500	82.6
200–3000	25.2	15.3	20	1104	16.6
اكثر من 3000	278.3	77.1	0.2	56	0.8
كل المحيط	361	100	18.5	6660	100

ويمكن تقسيم الاحياء البحرية التي تقطن المنطقة القاعية من البحار والمحيطات الى مجموعتين رئيسيتين :

أولاً : الكائنات التي تعيش على القاع ، وهي التي تعيش على قاع البحر او المحيط .

ثانياً : الكائنات التي تعيش قرب القاع ، وهي التي تعيش سابحة في الأعماق السحيقة من البحار والمحيطات وبالقرب من القاع .

أولا : الكائنات التي تعيش على القاع

وتشمل الأحياء القاعية تنوع كبير في الكائنات وكما ياتي :

1- الطحالب

وتعد الطحالب النباتات الوحيدة التي تعيش في هذه المنطقة . وتتوزع هذه الطحالب في مختلف بقاع العالم مع تباين يعتمد على العوامل البيئية المختلفة . وتشمل الطحالب في هذه المنطقة على اربعة شعب وهي شعبة الطحالب الخضراء المزرقة وشعبة الطحالب الخضراء وشعبة الطحالب البنية وشعبة الطحالب الحمراء .

وتكون الطحالب الخضراء المزرقة صغيرة الحجم وتعيش في البيئة البحرية وبيئة المياه المويلحة . يكون تركيب جسمها بسيط جداً وخيطياً . والخيط المفرد الواحد لا يرى بالعين المجردة . ولهذه المجموعة من الطحالب القابلية العظمى في تحمل الاختلافات

التي تحصل في ظروف البيئة البحرية ولها المقدرة كلك على المعيشة في المناطق التي تكون فيها شدة الضوء قليلة. ولا يتأثر نمو هذه الطحالب بأرتفاع درجة الملوحة وانخفاضها او اختلاف درجات الحرارة .

إما الطحالب الخضراء فتتواجد بكميات قليلة وأحجام صغيرة في البيئة البحرية. وبعض أنواعها تتواجد في البيئة القاعية تساهم في بناء رواسب قاع المنطقة وتعود هذه الأنواع الى الاجناس *Udotea* و*Pencillus* و *Halioeda*.

وتعيش اغلب الطحالب البنية في البحار وتكون ذات حجم كبير وتعود الى هذه الشعبة أنواع طحالب حشائش البحر Kelp وأنواع تعود إلى الأجناس *Nereocystis* و *Macrocystis* .

واما الطحالب الحمراء فأن اغلب أنواعها متواجدة في البيئة البحرية وتتواجد في أشكال متعددة وانتشارها واسعاً في العالم وتتركز في البحار الاستوائية. وتتواجد أنواعها في أعماق كبيرة (عمق 200م). وتستطيع العيش في هذا العمق من خلال تمكنها من استخدام الضوء في حزم الزرقاء والبنفسجية في عملية البناء الضوئي .

2- الحيوانات

تعيش الابتدائيات في المنطقة القاعية وتشمل مجموعة الهدبيات والامبيبيات . زمن اشهر الابتدائيات الامبيبة الأنواع التابعة للجنس *Xenophyophoria* ويصل قطرها الى 25 سم وهذا لا يشمل الأقدام الكاذبة. وتتواجد أنواع الفورامينفيرا في المنطقة القاعية ولأعماق البحار والمحيطات ويزداد عددها كلما ازداد العمق.

إما مجموعة Meiofauna فأن أعداد أنواعها تقل كلما ازداد العمق لكن هذا النقصان لا يكون سريعاً كما هو الحال في أنواع الحيوانات القاعية الكبيرة التي يقل عددها بصورة ملحوظة مع زيادة العمق . وتتواجد مجموعة Meiofauna بكثرة في البيئة القاعية اكثر منها في قاع المياه الضحلة . ومن أمثلتها أنواع من الديدان الخيطية الحرة المعيشة وأنواع من القشريات من مجموعة Copepods . وتعيش هذه الحيوانات داخل رواسب القاع وعلى عمق بحدود سنتيمتر واحد ولا تتواجد في أعماق تزيد على (5) سنتيمترات . ويزداد عدد أنواع هذه المجموعة كلما ازداد العمق وهذا عكس ما يحدث في قيعان المياه الضحلة حيث تكون الحيوانات من هذه المجموعة قليلة الأنواع وكبيرة الحجم .

واغلب شعب الحيوانات اللافقرية تتضمن أنواع ذات حجم كبير وتقطن قيعان البحار والمحيطات ولغاية عمق 6000 متر .وبعد هذا العمق فأن بعض اللافقريات لا يكون لها وجود ومثالها أنواع مجموعة عضدية الأرجل Brachiopoda وبعض أنواع

من القشريات . وتتميز الحيوانات القاعية الكبيرة بكونها متخصصة في هذه المنطقة بالرغم من ان بعضها يكون مشابهاً الى بعض الأنواع التي تعيش في المياه الضحلة الا ان هناك فرقاً واحداً مهماً وهو ان الحيوانات التي تعيش في المياه الضحلة تكون لها تراكيب جسمية لها القابلية لتحسس الضوء او لها عيون اما حيوانات القاع فتكون عمياء .

وتكون بعض أنواع الحيوانات القاعية اكثر شيوعاً وانتشاراً في المياه العميقة منها في المياه الضحلة (الشكل رقم 2-13). وعلى سبيل المثال تكون أفراد مجموعة الملتحيات Pogonophores ذات انتشار يتمركز في أعماق تحت 100 متر ، كما ان هناك نوع من خيار البحر لا يتواجد في المياه الضحلة وانما في أعماق كبيرة.

ومن الحيوانات القاعية الأخرى أنواع الإسفنج المختلفة ومن اشهرها تلك التي تعيش على عمق يزيد على 6000 متر هو الإسفنج الزجاجي الذي يصل طوله الى متر واحد ويقوم هذا الحيوان بربط جسمه ببعض الصخور الموجودة بوساطة تراكيب شبيهة بالحبل الذي بوساطته يستطيع البقاء فوق الطين . وهناك مجموعة أخرى من الحيوانات القاعية التي تعتبر من الحيوانات الناجحة في معيشتها في المنطقة القاعية وهي الزهريات Anthozoa مثل أنواع شقائق النعمان Anemons وحيوانات الشعاب المرجانية Coral. وفي البيئة القاعية يتواجد نوعان من حيوانات الشعاب المرجانية النوع الصلب والنوع الهش . والأخير يعيش في المناطق ذات التيارات المائية السريعة، اما النوع الصلب فيعيش على هيئة أفراد وليس مستعمرات ويتحدد وجوده في المناطق التي لا يزيد عمقها على 5000م . اما شقائق النعمان فتتواجد في أعماق تزيد على 10000 م . واغلب أنواعها تكون ذات قابلية للالتصاق مع الحيوانات القاعية الأخرى كالإسفنج او الصخور ، كما ان أنواع من هذه الشقائق لها القابلية على المعيشة في الطين حيث تكون ما يشبه الأنابيب .

وتتمثل اغلب النواعم في البيئة القاعية تمثيلاً جيداً فبعض من أفرادها يعيش على سطح القاع والبعض الأخر يعيش داخل الطين . واغلب أنواعها يكون صغيراً . كما تتواجد أنواع تنتمي الى مجموعة بطيئة القدم على عمق يتراوح بين 6000-10000 م وهي بحالة رخوة حيث ان كمية المواد الكلسية في أصدافها قليلة جداً .

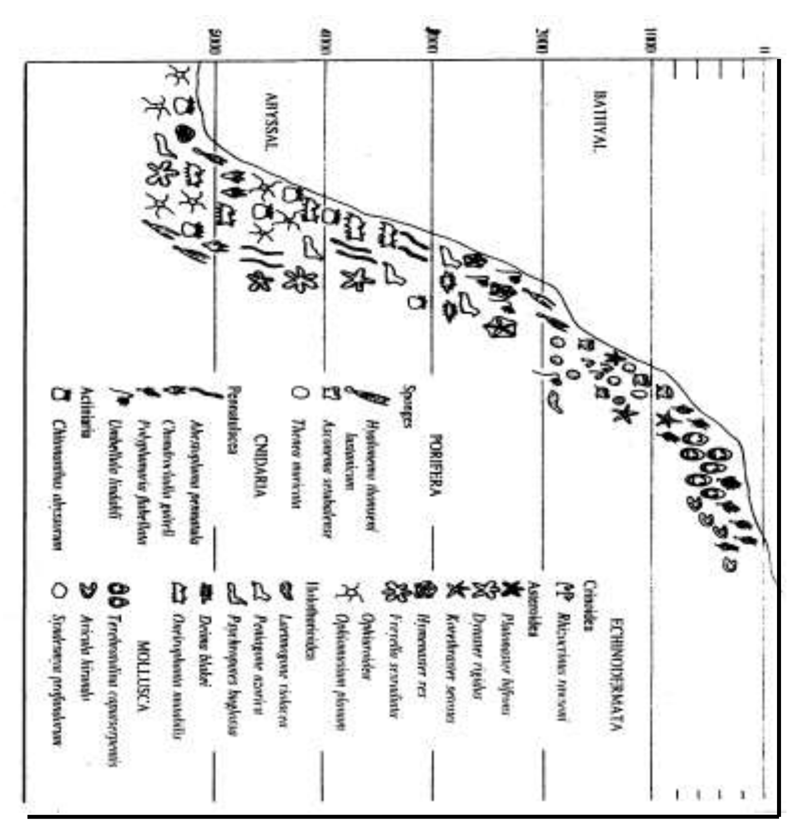
والقشريات هي الأخرى متواجدة في البيئة القاعية وتكون أهميتها اقل مما هي عليه في منطقة المياه الضحلة ، ومنها مجموعة متساوية الأرجل ومجموعة Amphipods وأفرادهما تتغذيان على الفضلات والمواد المترسبة .

أما مجموعة عشارية الأرجل والتي تضم أنواع السرطانات والروبيان فلا تتواجد في المناطق التي يزيد عمقها على 4300 م بالنسبة للسرطانات و6000م بالنسبة

للروبيان. كما ان للحيوانات الحبلية تواجدا جيداً في البيئة القاعية فأفرادها تتواجد في الأعماق لا تزيد عن 8000م وهي في هذه المناطق تعيش معزولة وعلى شكل افراد وليس جماعات حيث تنحصر تجمعاتها في المياه الأقل عمقاً .

3- البكتريا

تواجد البكتريا في الرواسب وعلى مختلف الأعماق في البحار والمحيطات . وتعد المسؤولة الرئيسية في عملية تحلل المواد العضوية. والدراسات محدودة جداً عن تكيف هذه البكتريا لضروف الأعماق الكبيرة. وبينت بعض الدراسات بأنه أنواع البكتريا التي تعيش في الأعماق تكون مشابهة الى تلك الأنواع التي تعيش في المياه الضحلة أو حتى تلك التي توجد على اليابسة. واتضح أن هذه البكتريا بطيئة في عملياتها الحيوية وهي الصيغة المميزة للأحياء التي تقطن الأعماق السحيقة من البحار والمحيطات. وبنيت دراسات أخرى ان من بين البكتريا القاعية هناك أنواع ذان سرعة كبيرة في عملياتها الحيوية والمتواجدة في المناطق الغنية بالمواد العضوية . ومن هذه المناطق القناة الهضمية للحيوانات القاعية كالقشريات .



شكل (2-13): توزيع الحيوانات اللافقارية في بيئة أعماق البحار

(Thurman & Webber 1984)

ثانياً:- الكائنات التي تعيش قرب القاع

تتواجد في المنطقة العميقة من البحار والمحيطات وبالقرب من البيئة القاعية العديد من الاحياء البحرية وتكون أما سابحة بالقرب من القاع او تعيش قابعة على سطح القاع ويمكن حصرها كما يأتي :-

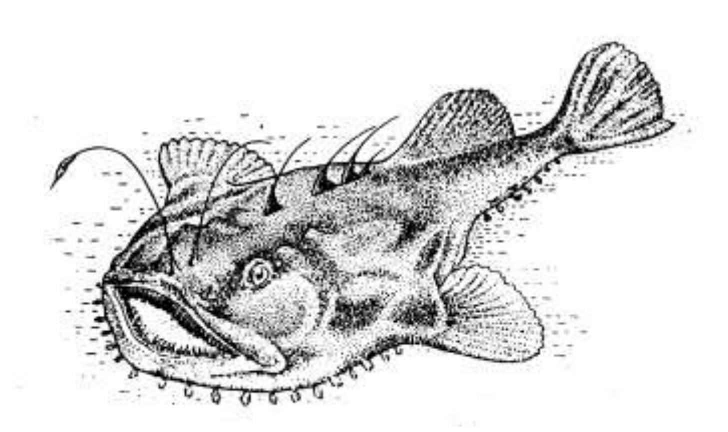
1- الهائمات الحيوانية

تتواجد الهائمات الحيوانية بنسبة قليلة جداً في المناطق العميقة جداً في البحار والمحيطات كما هو الحال لبقية الأحياء التي تعيش في مثل هذه المناطق حيث ان تنوع الأحياء يتناقص كلما ازداد العمق. ومن أمثلتها أنواع من الميدوزا التي يبلغ قطرها 25 سم وتتميز بألوان لماعة ومضيئة وتتغذى على الأسماك. ومجموعة أخرى من الهائمات وهي مجموعة شوكية الفكوك Chaetognaths التي تنتشر في أعماق البحار وقد تم جمعها من أعماق تصل الى 6000م . وتعد القشريات من مجموعة Copepod من المجاميع المهمة وتختلف الأنواع المتواجدة في المياه العميقة عن تلك في المياه المضيئة فحجومها تكون اكبر بكثير، فعلى عمق 2000 م كان اكبر حجم وصلت اليه هذه القشريات هو 17 ملم في حين يتناقص هذا الحجم في الأعماق التي اقل من 2000 م .

2- الحيوانات السابحة Nekton

تتواجد الحيوانات السابحة ذات الحجم الكبير في منطقة المياه العميقة كأنواع من القشريات والروبيان ورأسية القدم وأنواع من الحبار والأخطبوط . وتلاحظ هذه الحيوانات في تواجدها ايضاً في المناطق السطحية كذلك. وتتميز رأسية القدم بكون جسمها يفتقد الى العضلات ورخواً على عكس الأنواع التي تعيش في المناطق السطحية.

وتعد الأسماك من اهم الحبليات التي تعود الى مجموعة الحيوانات السابحة وكما ذكر سابقاً فأن تنوع الأسماك يقل كذلك مع زيادة العمق .ان اغلب الأنواع التي تعيش في المياه العميقة تنتمي الى رتبة الأسماك الصائدة Lophiformes وهي الأنواع من الأسماك يكون لها تركيب خيطي الشكل يشبه خيط الصياد كأمتداد للزعنفة الظهرية وفي نهاية الخيط يوجد تركيب يشبه الطعم ويكون مضيئاً يقوم بجذب الفريسة الى فم السمكة الكبير جداً والمفتوح دائماً (شكل 2-14).



شكل (2−14) الاسماك الصيادة (Norman 1963)

ولهذه الاسماك القابلية على ابتلاع الفريسة تزيد في وزنها على وزن السمكة نفسها، كما أن الإناث فقط من هذه الأسماك تكون صيادة وتمتلك هذا التركيب الخيطي. اما الذكور فتكون اسماك صغيرة متطفلة على جسم الأنثى . وبعد أن يبلغ الذكر يلتصق بجسم الأنثى حيث يظهر الرأس بداخل جسم الأنثى ومن ثم يضمحل جسمه كلياً ليصبح عبارة عن كيس من الحيامن التي تنطلق عندما تقذف البيوض من قبل الأنثى.

وتتميز الأسماك القاعية بجسمها الطويل وسباحتها البطيئة واغلبها ذات قابلية ان تبقى طافية بمساعدة تواجد المثانة الهوائية او الاختزال في العضلات والعظام . فالقروش القاعية يكون لها كبد كبير ذات تركيز عالي من الدهون التي تساعد الحيوان على الطفو . وتتواجد أنواع القوابع المختلفة في المناطق التي لا يزيد عمقها على 3000م وتتغذى على الأحياء البحرية التي تعيش على سطح القاع او التي تعيش في الطين . وهذه الأسماك الغضروفية لا تتواجد في المناطق التي يزيد عن 3000م بسبب قلة المواد الغذائية . وهناك نوعاً من القروش المعروف بأسم القرش النائم الذي يصل طوله الى سبعة أمتار ويتغذى على الأسماك والحبار والقشريات .

(5) منطقة الشعاب المرجانية Coral Reef Zone

تعد منطقة الشعاب المرجانية من المناطق الأكثر إنتاجية وذات التنوع العالي للأحياء البحرية . وتفضل الحيوانات المكونة للشعاب المرجانية المياه الضحلة وضوء الشمس ويكون موقعها في البحار ابتداءاً من أوطأ نقطة تغطيها مياه البحر ولغاية 10 م تقريباً وهناك أنواع أخرى لها القابلية على بناء الشعاب المرجانية بصورة واسعة في البحار الضحلة والدافئة من العالم (شكل 2−15) .

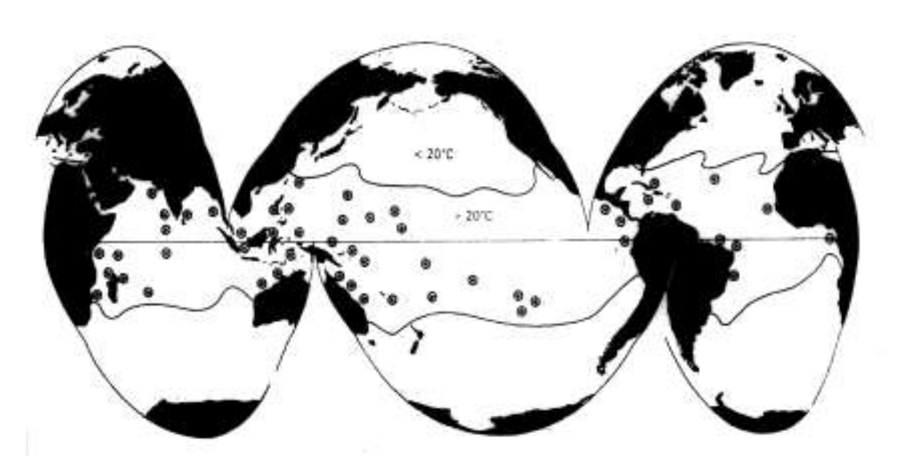
كما ان درجة الحرارة المفضلة لبناء هذه الشعاب تتراوح بين 22–28 درجة مئوية . وهناك أنواع من الأحياء التي لها القابلية في بناء شعاب مرجانية تختلف عن أنواع الشعاب الاعتيادية حيث أنها تكون عبارة عن حاجز صلد يقع تقريباً في المياه العميقة والمظلمة من حافة الجرف القاري. والأحياء الباقية لهذا النوع من الشعاب تنشط في عملية البناء في درجة حرارة تتراوح بين 4–15 درجة مئوية وعلى عمق يتراوح 60–180م. وهناك نوع ثالث من الأحياء المكونة للشعاب المرجانية التي تفضل درجات الحرارة الواطئة جداً (2– 6 درجة مئوية) . وتكون هذه الأحياء ذات معيشة انفرادية .

العوامل البيئية المؤثرة في نمو الشعاب المرجانية

1- الضوء

تكون شدة الضوء في المناطق الاستوائية عالية والنهار طويل في حين تقل شدة الضوء في المناطق القريبة من القطبين الشمالي والجنوبي ويقصر طول النهار. والاختلاف الجغرافي بين المنطقتين يعطي فكرة عن مدى تأثير عامل الضوء في نمو الأحياء البانية للشعاب المرجانية. ففي المناطق الاستوائية تنمو بصورة جيدة لذا تتكون شعاب مرجانية كثيرة في حين نموها بطيئاً في القطبين وعليه تكون الشعاب المرجانية قليلة .

وتؤثر الكدرة في نمو الأحياء البانية لهذه الشعاب ويظهر هذا التأثير واضحاً في الأماكن المحصورة والضحلة من البحر حيث القاع الطيني الهش الذي يتعكر وتزداد كدرة مياهه عند هبوب رياح قوية او عاصفة حيث يتعذر اختراق الضوء لعمق اكثر من (4) م.



شكل رقم (2–15) توزيع الشعاب المرجانية في بحار العالم (Meadow 1978)

2- المغذيات

تلعب المواد المغذية كالنترات والفوسفات دوراً هاماً في غذاء الحيوانات البانية للشعاب المرجانية. وتتواجد هذه المواد بكميات قليلة على مدار السنة ولا تظهر أي تباين موسمي. وبإمكان الهائمات النباتية النمو بصورة منتظمة خلال اشهر السنة التي تعتمد في غذائها على هذه المغذيات ثم تصبح هذه الهائمات غذاءاً مستمراً لأنواع أخرى من الاحياء كالهائمات الحيوانية التي بدورها كذلك تعتبر من مصادر الغذاء المهمة للحيوانات البانية للشعاب المرجانية. وتدخل بعض المواد المغذية منطقة الشعاب المرجانية بوساطة مياه البحر التي تدخل بدورها الى هذه المنطقة عن طريق فتحات خاصة موجودة في تلك الشعاب . ويعتقد بأن النترات والفوسفات تأتي كناتج للتحلل الذي تقوم به البكتريا للمواد العضوية المتواجدة في القاع فضلاً عن الفضلات التي تتساقط على سطح الشعاب المرجانية نفسها .

3- الرياح والأمواج

تعد الرياح من العوامل المحددة الى شكل ومكان الرمل الموجود في منطقة الشعاب المرجانية فضلاً عن تحديد شكل الجزر الرملية الصغيرة التي تتكون في منطقة الشعاب . وتتخذ هذه الجزر الرملية أشكال دائرية او بيضوية او تكون عديمة الشكل تعتمد على اتجاهات الرياح وحركة الأمواج وتيارات المياه. وتتكون الجزر في المناطق المحمية من منطقة الشعاب المرجانية . وتعمل الصخور الموجودة في منطقة الشعاب المرجانية على تقوية مجموعة الشعاب بطريقة تحافظ على قاعها من الزوال بفعل تيارات المياه والأمواج التي تتكون بفعل الرياح القوية والعواصف .

4- درجة الحرارة

ان افضل نمو للشعاب المرجانية يكون في درجة حرارة بين 23–25 درجة مئوية للمياه السطحية في البحار. علماً بأن بعض الحيوانات المكونة للشعاب يمكن لها المعيشة في درجات حرارة اقل من 18 درجة مئوية .

5- الملوحة

ان للحيوانات البانية للشعاب المرجانية القدرة على المعيشة في المياه التي تصل ملوحتها بين 30 –40 جزءاً بالألف. وهذه المياه تكون مشبعة بأملاح كربونات الكالسيوم

الضرورية جداً لبناء هيكل الشعاب المرجانية . لذا تتأثر الحيوانات البانية لهذه الشعاب كثيرا عندما تنخفض الملوحة الى مستوى اقل من 30 جزءاً بالألف وكما يحدث أثناء الأمطار الغزيرة او الفيضانات.

6- العوامل الحياتية

ان تكوين الشعاب المرجانية واستمرار معيشة الحيوانات البانية لها يتأثر بالأحياء الأخرى ومن أهمها وجود نوع من الطحالب التعايشية المعروفة بأسم *Zooanthellae* التي تعيش في خلال طبقة الاندودرم للحيوانات البانية للشعاب المرجانية . وهذه الطحالب عبارة عن خلايا دائرية صفراء اللون تعود الى الجنس *Symbiodinium* . وتنتقل المواد العضوية الذائبة والناتجة من عملية البناء الضوئي من هذه الطحالب الى أنسجة الحيوانات البانية للشعاب المرجانية. وقد وجد بأن الحيوانات البانية لهذه الشعاب تفقد كمية قليلة من الفسفور مقارنة بتلك الحيوانات البحرية التي لا تتعايش مع هذه الطحالب ، حيث ان هذه الطحالب تستخدم الفوسفور في نموها. كما أن هذه الطحالب تزيد من قابلية الحيوانات البانية لهذه الشعاب على تكوين الهيكل الصلب وتزداد هذه القابلية وسرعة تكوين الهيكل في الضوء وتقل كثيراً خلال فترة الظلام. ان العلاقة التي تربط الطحالب مع الحيوانات البانية للشعاب تكمن في ثنائي أوكسيد الكربون الذي يفرز من الطحالب وتستفيد من الحيوانات البانية للشعاب في إنتاج كاربونات الصوديوم المهمة في بناء الهيكل الصلب . وهناك بعض أنواع من الأسماك والحيوانات اللافقرية التي تتغذى على الحيوانات البانية للشعاب او تحفر في داخل الصخور المرجانية مما تساعد في هدم الشعاب المرجانية مثل حيوان نجم البحر المعروف بالاسم العلمي *Acanthaster planei* من الحيوانات اللافقرية حيث تخرج معدتها الى الخارج وتقوم بإذابة الأجزاء الدقيقة من الشعاب المرجانية ومن ثم امتصاص أنسجتها . ومن الحيوانات التي تقوم بحفر أجسام الشعاب المرجانية تضم بعض أنواع الإسفنج وعدداً من الديدان العديدة الأهداب وبعض أنواع من النواعم من مجموعة ذات المصرعين. حيث تقوم هذه الأحياء بثقب الصخور المرجانية ميكانيكياً ولكن في بعض الأحوال تكون عملية الثقب كيمياوياً.

أنواع الشعاب المرجانية

في تحديد نوع مجموعة الشعاب المرجانية يؤخذ بنظر الاعتبار حجم الشعاب ومدى علاقتها مع طبيعة القاع . وهناك ثلاث أنواع رئيسية هي :-

1- الشعاب الهدابية Fringing Reef

تتواجد هذه الشعاب بالقرب من المنطقة الساحلية وقد تمتد نموها الى بضع مئات من الأمتار باتجاه البحر كما هو الحال بالقرب من سواحل جزر هاواي . ويكون هذا النوع من الشعاب في كثير من الأحيان بمثابة الحافظ والحامي للسواحل التي تنمو بقربها .

2- الشعاب الحاجزة Barrier Reef

يكون شكل تجمعات هذه الشعاب عبارة عن حاجز مستقيم ويفصلها عن الساحل مسطحات مائية صغيرة واحياناً تكون هذه المسطحات عميقة . وهذه الشعاب لا تكون متصلة اتصالاً كاملاً وانما توجد هناك فتحات بين قطعها تسمح بتبادل الماء بين المسطح المائي وبقية مياه البحر. ومثال لهذه الشعاب تلك الموجودة بالقرب من السواحل الأسترالية حيث يبلغ طولها اكثر من الف كيلو متر وعرضها اكثر من مائة كيلومتر .

3- الشعاب الاتولية Atolls Reef

يكون شكل هذه الشعاب دائرياً او شبه دائري وتحصر في وسطها ما يشبه بالبحيرة . كما ان الشعاب لا تكون كاملة الاتصال وانما هناك بعض الفتحات التي تسمح بتبادل المياه الشعاب ومياه البحر المحيطة بها . وترتفع تجمعات هذا النوع من الشعاب الى بضع مئات من الأمتار فوق قاع البحر وتتواجد بكثرة في مياه المحيط الهادي .

الكائنات الحية

تتواجد أنواع مختلفة من الأحياء البحرية بين الشعاب المرجانية المتواجدة في مختلف البحار كالنواعم التي تكون أصدافا ذات ألوان جذابة كالنوع المعروف بأسمه العلمي *Charoma tritonis* . فضلاً عن أنواع من نجم البحر واشهرها النوع *Acanthaster planci* الذي تتغذى أفراده بشهية كبيرة على الحيوانات البانية للشعوب المرجانية . وهناك العديد من أنواع الديدان البحرية التي تقطن الشعاب المرجانية وتتغذى على الحيوانات اللافقرية الصغيرة. وتتواجد أنواع من قنافذ البحر واشهرها النوع

Heterocentrotus mammillatus الذي يتغذى على ما هو موجود على سطح الشعاب المرجانية من مواد غذائية . كما تتواجد الحيوانات القشرية بأنواع عديدة ومختلفة مثل أنواع من الروبيان والسرطانات التي تتغذى على ما هو موجود من مواد غذائية في منطقة الشعاب المرجانية وهي بدورها تكون غذاءاً لحيوانات أخرى. اما الأسماك فأن تواجدها بكثرة وبأنواع مختلفة وألوان زاهية فهناك السمكة الفراشة ذات النقاط الأربعة *Chaetodon quadrimaculatus* وسمكة الملاك المخطط *Holocanthus arcuatus* وسمكة الصندوق *Osrracion meleagris* وغيرها أنواع مختلفة عديدة أخرى.

الفصل الثالث : العوامل البيئية

Ecological Factors

مقدمة

المجموعة الأولى : العوامل اللاإحيائية

أولا : درجة الحرارة

ثانياً : الضوء

- **تأثير الضوء في النباتات**

1. التحمل

2. الانشطة والتفاعلات الحيوية

أ- انتاج الصبغة والتطبع الصبغي

ب- البناء الضوئي

ج- الأخذ الايوني وتنظيمه

د- النمو

- **تأثير الضوء في الحيوانات**

ثالثاً : الملوحة

رابعاً: حركة الماء

خامساً: المواد والغازات الذائبة

سادساً: الضغط

سابعاً: الكدرة

ثامناً: طبيعة القاع

تاسعاً: المواد العضوية

- **مصدر المواد العضوية**
- **خواص المواد العضوية**
- **التركيب الكيمياوي**

عاشراً: الإشعاع المتأين

- **خواصه الفيزياوية**

- تأثيره البايولوجي

المجموعة الثانية: العوامل الاحيائية

اولاً: مجمعات المياه العذبة

1. مجمعات المياه الراكدة

أ. مجمع المنطقة الساحلية

ب. مجمع منطقة أعالي المياه المنتجة

جـ. مجمع المنطقة العميقة

2. مجمعات المياه الجارية

ثانياُ: مجمعات المياه البحرية

1. مجمعات الجرف القاري

2. مجمعات اعالي البحار والمحيطات

ثالثاً:- مجمعات المصبات

تداخل العوامل

مقدمة

تتأثر البيئة المائية بعدة عوامل مختلفة التي تؤثر بصورة مباشرة او غير مباشرة في نمو الاحياء المائية وانتشارها في المسطحات المائية المختلفة سواء كانت مياه عذبة او مويلحة او مالحة . ويمكن تقسيم هذه العوامل الى مجموعتين هما :-

المجموعة الاولى : العوامل اللاأحيائية Abiotic Factors

وتشمل جميع العوامل الفيزياوية والكيمياوية المختلفة كدرجة الحرارة والضوء والتيارات وغيرها .

المجموعة الثانية : العوامل الاحيائية Biotic Factors

وتشمل كافة الاحياء المائية المتواجدة في ذلك المسطح المائي الذي يضم المستويات الاغتذائية المختلفة Trophical levels ابتداءاً من المنتجات Producers والمستهلكات Consumers الى المحللات Decomposers .

وسيتم التطرق الى هذه العوامل بشيء من التفصيل مع اعطاء بعض الأمثلة ذات العلاقة. وكما سيلاحظ بأنه قد يكون من الصعوبة فصل تأثير احد العوامل دون التأثير بعامل آخر او اكثر في البيئة المائية.

المجموعة الاولى : العوامل اللا إحيائية

اولاً:- درجة الحرارة Temperature

يعتمد تأثير درجة الحرارة على نوع المسطح المائي المدروس . فعلى سبيل المثال تكون درجة الحرارة لمياه الأنهار متأثرة بصورة مباشرة بدرجة حرارة الجو كما ان درجة الحرارة تكون متجانسة في عمود الماء باعتبار ان الأنهار ذات عمق محدود وهناك تجانس في الكتلة المائية بسبب الجريان المستمر وعملية الخلط الجيد . في حين إن البحار والمحيطات تظهر تبايناً في درجة حرارة مياهها فالجزء السطحي يتأثر بدرجة حرارة الجو في حين لا يتأثر الجزء العميق ، لذا تظهر المحيطات تغيرات قليلة في درجة الحرارة حيث ان مياهها تخضع لاختلافات جغرافية وفصلية في الامتصاص والإشعاع الحراري . وتكون معدلات درجة الحرارة في البحار (عدا المياه الضحلة) اقل منها في المياه العذبة بصورة عامة وحتى في بيئة اليابسة .ويعود الثبات النسبي لدرجة حرارة البحار والمحيطات الى عدم تأثره السريع للتغير الذي يحصل في درجة حرارة الجو المحيط . وتتفاوت درجات الحرارة في المياه السطحية فيبلغ مداها بين 5–30 درجة مئوية بصورة عامة ن في حين تتراوح في اعماق البحار والمحيطات بين (–1) الى (4) درجة مئوية . وتزداد درجة

الحرارة عادة في المياه الضحلة كما هو الحال في الاهوار والمستنقعات وقد تصل الى (35) درجة مئوية كما هو الحال في مياه الخليج العربي والذي تمثل اكثر المياه حماوة في العالم .ولهذا التفاوت الواضح في درجات الحرارة للمسطحات المائية اثر في تواجد وازدهار انواع الاحياء المائية وتحديد المتغلبة منها افقياً وعمودياً .

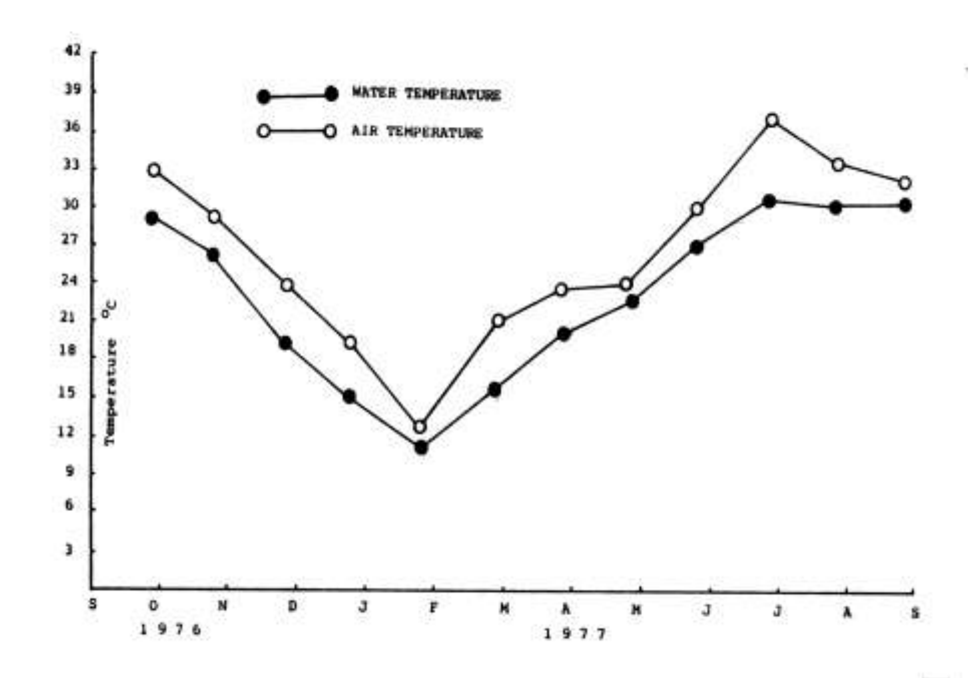
علماً ان اعلى درجة حرارة في البحار عند سطح المياه تقع في المياه القريبة من خط الاستواء وتتراوح بين 26–30 درجة مئوية وقد تكون اكثر من ذلك كما في المناطق الضحلة كالمثال اعلاه او المناطق شبه المغلقة . وقد سجلت درجات حرارة عالية في بعض البرك القريبة من البحار المتأثرة بحركة المد والجزر حيث تصل الى اكثر من (50) درجة حرارة كالبرك القريبة من البحر الاحمر تصل درجة الحرارة فيها الى (56) درجة وملوحة عالية تصل الى (300) جزء بالألف وغنية بالمعادن النزرة او النادرة Trace elements.

وتختلف درجة انجماد مياه البحار حسب كمية الاملاح حيث تقل عن الصفر المئوي بتواجد الاملاح الذائبة. لذا فأن درجة انجماد مياه البحار ذات ملوحة (35) جزء بالالف حوالي (−1.91) درجة مئوية.

وتبقى درجة الحرارة ثابتة تقريباً خلال السنة في مياه المناطق القريبة والبعيدة عن خط الاستواء Low and high latitudes . وتختلف درجة الحرارة للمياه السطحية في المنطقة الواقعة عند خط الاستواء Middle latitude باختلاف المواسم والتغيرات المناخية. ويعتمد التغير في المدى الفصلي لدرجة الحرارة على الموقع وقد يصل الاختلاف الى عشرة درجات مئوية او اكثر. وبالرغم من اختلاف درجة الحرارة للمياه السطحية من موقع لأخر ومن وقت وقت لأخر، فان الطبقات العميقة في المحيطات تبقى ذات درجة حرارة واطئة وثابتة تقريباً . ولوحظ ان اكثر المياه برودة هي في المستويات أو الطبقات العميقة للمحيط القطبي الشمالي حيث تتراوح درجة الحرارة بين الصفر المئوي و (−1.9) درجة مئوية. اما في المحيطات الاربعة الاخرى فتتراوح درجة حرارة مياه القعر بين الصفر المئوي قرب المحيط القطبي الجنوبي وحوالي (2−3) درجة مئوية في المناطق القريبة من خط الاستواء .

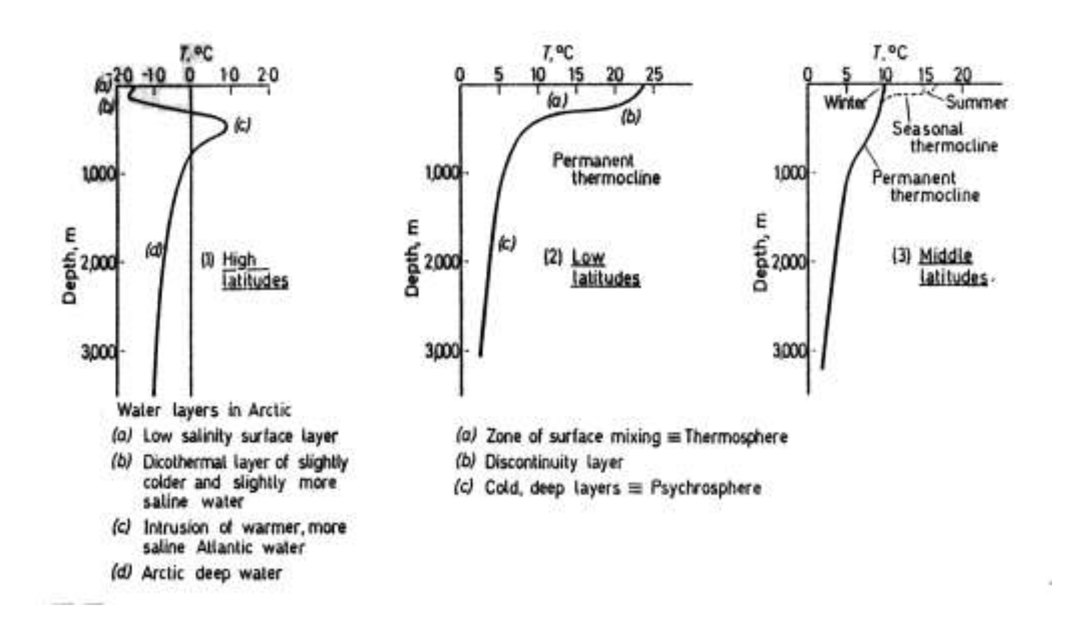
وكما ذكر سابقاً فأن مياه الانهار والجداول بسبب صغر كتلتها المائية مقارنة مع البحار والمحيطات فأن تأثرها يكون ملحوظاً بالتغيرات الفصلية لدرجة حرارة الهواء . وتتميز درجة حرارة الأنهار كونها متجانسة من خلال الامتزاج الجيد بفعل حركة المياه

وتأثرها الكبير بحرارة الجو المحيط بها كما يلاحظ في العديد من الأنهار خاصة تلك التي تجري في المناطق المتأثرة موسمياً باختلاف واضح بدرجة حرارة الجو (شكل 3–1)



الشكل رقم (3–1) : يبين الحرارة لمياه شط العرب قرب مدينة البصرة خلال الفترة المذكورة
(Al-Saadi et al 1979b)

وتنتقل الحرارة من البحر الى الجو في المناطق البعيدة عن خط الاستواء . وبذلك ستكون فروقات بسيطة بين السطح والطبقات العميقة من جراء فقدان المياه السطحية بعض حرارتها الى الجو. وتكون فروقات الحرارة في عمود المياه بين (–1.8) درجة مئوية الى (1.8) درجة مئوية تقريباً وهناك تدرج حراري غير منتظم في (1000) م الاولى وذلك لتخفيف السطح بالمياه العذبة من جراء ترسيب الثلج او ذوبانه. وتتكون هذه الطبقة المائية ذات الكثافة القليلة والباردة فوق طبقة اكثر حرارة بقليل واكثف واكثر ملوحة الآتية من منطقة خط الاستواء وعلى عمق اكثر من (1000)م. تكون الحرارة غالباً منتظمة الى القعر حيث تقل بشكل بسيط مع العمق (شكل 3–2) .



الشكل رقم (3−2) : يبين درجات الحرارة لعمود الماء في المحيطات العميقة . (Tait 1972)

وينتج عن امتصاص الحرارة عند المياه السطحية في البحار القريبة من خط الاستواء طبقة سطحية دافئة تكون فوق الطبقة العميقة الاكثر كثافة والأقل حرارة . ويكون التغير في درجة الحرارة تغيراً سريعاً دون تكون تدرج حراري وهذا التغير المفاجئ للحرارة يكون طبقة تسمى بطبقة الانحدار الحراري Thermocline التي تتكون بعمق 100−500م (الشكل3−2). وعندها تقل درجة الحرارة بشكل سريع مع العمق وتدعى هذه المنطقة بالطبقة غير المستمرة . وتدعى الطبقة التي فوقها بالمنطقة الحارة Thermosphere وتكون الطبقة الباردة Psychrosphere تحت طبقة الانحداد الحراري وعندها تكون المياه باردة وتستمر هكذا الى القعر مع فرق بسيط في درجة الحرارة مع العمق . لذا فأن طبقة الانحدار الحراري هي الطبقة الفاصلة بين طبقتي المياه الحارة والباردة وعند خط الاستواء تصبح الطبقة السطحية للمياه الدافئة خلال اشهر الصيف وبذا ستتكون طبقة انحدار حراري فصلية مؤقتة قرب السطح وبصورة عامة تكون بعمق حوالي 15−40م (الشكل 3−2) . وتختفي هذه الطبقات المؤقتة في الشتاء عندما تبرد المياه

السطحية وتتجانس درجة الحرارة بالحمل مع العمق وقد تصل الى مئات الأمتار وتكون طبقة محدودة نسبياً من الانحدار الحراري تحت مستوى الطبقة التي تتأثر بعملية التجانس والخلط وتكون عادة على عمق بين 500–1500 م .

وكما هو معروف فأن لدرجة حرارة المياه اهمية واضحة في توزيع الاحياء المائية وأنشطتها وهناك اختلاف في مدى التحمل للحرارة بين الانواع . وتتواجد بعض الانواع في مناطق ذات اختلافات بسيطة جداً في درجات الحرارة والانواع التي لها تحمل بمدى ضيق من الحرارة فيطلق عليها Stenothermic . اما الانواع التي تتحمل مدى واسع من درجات الحرارة فيطلق عليها Eurythermic . وتتواجد الانواع الاولى بصورة رئيسية في المحيطات ويختلف توزيعها فصلياً مع تغيرات درجة الحرارة . اما الانواع الثانية فتتواجد بشكل اساسي في المياه الضحلة . وتكون الاحياء المائية الثابتة موقعياً Sessile ذات تحمل اكثر للتغيرات في درجة الحرارة من الاحياء الطليقة .

وتبعاً لاختلاف درجات الحرارة ، يمكن ان تقسم جماعات الاحياء المائية Populations في المياه السطحية الى ثلاثة مجا ميع رئيسية وهي :–

1. جماعات المياه الدافئة
2. جماعات المياه الباردة
3. الجماعات التي تتعايش في المياه ذات الحرارة الوسطية

وتعتمد هذه التقسيمات الرئيسية على الظروف المحلية للمنطقة عندما تتأثر حرارة السطح كما هو الحال في مياه المناطق المعتدلة Temperate water . وتتواجد جماعات المياه الدافئة أساسا في الطبقات السطحية للحزام القاري Tropical belt عندما تكون درجة حرارة مياهها السطحية اكثر من مدى درجة الحرارة بين 18–20 درجة مئوية . وتتماثل منطقة المياه الدافئة ولكن اكثر انتشاراً مع منطقة الشعاب المرجانية Corals التي تظهر غزارة الجماعات الرئيسية فيها في المياه الضحلة والصافية التي لا تقل درجة حرارة شتاءها عن (20) درجة مئوية .وفي المناطق الدافئة في المحيطات تكون التغيرات الفصلية لدرجة الحرارة قليلة في حين تكون درجة حرارة المياه السطحية عند خط الاستواء لمعظم المناطق بين (26–27) درجة مئوية خلال اشهر السنة .

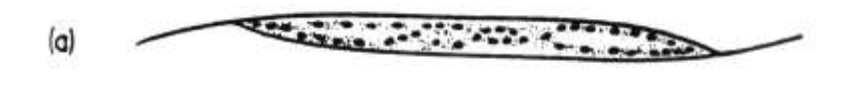
واما جماعات المياه الباردة فتتواجد في المحيطين القطبيين الشمالي والجنوبي عندما تكون درجة حرارة المياه السطحية بين (5) درجة مئوية الى اقل بقليل من الصفر

المئوي . في حين تتراوح درجة حرارة المياه السطحية للمياه البحرية للمناطق المعتدلة بين 5–18 درجة مئوية حيث تظهر تغيرات فصلية. ويكون الجزء الاكثر برودة ذا حرارة بين 5–10 درجة مئوية .

وتأثير درجة الحرارة في توزيع الاحياء المائية يكمن من خلال تأثيرها في العمليات الحيوية الرئيسة كالبناء الضوئي للطحالب والتنفس والتغذية والنمو والانتاجية والتنظيم الازموزي Osmoregulation . فمثلاً تؤثر الحرارة في الانتاجية من خلال التحكم في نضج الغدد التناسلية وتكوين الحيامن والبيوض . وبذلك تؤثر في تكاثر الاحياء البحرية .وقد تتوقف التغذية في الاحياء تحت درجة حرارة معينة ، وتقل متطلبات الغذاء خلال الفترات الباردة بسبب قلة التنفس وينوقف النمو . وبالرغم من تأثير الفترة الباردة السلبي في نمو الاحياء البحرية لكنه لوحظ عندما يغطي انتشار الانواع لمدى واسع من الحرارة فأن الافراد التي تعيش في مناطق باردة تصل عند النضج الى احجام اكبر من تلك التي تعيش في المناطق الدافئة .

وللحرارة تأثيرات غير مباشرة من خلال تأثيرها في بعض الصفات الفيزياوية للمياه كالكثافة واللزوجة وذوبان الغازات المختلفة التي تتأثر بها الصفات التعويمية Buoyancy والحركة والتنفس . فمثلاً يظهر الشكل العام للنوع *Rhizosolenia hebetata* من الدايوتومات ، اختلافاً في الشتاء عنه في الصيف بسبب التغير في درجة الحرارة او بسبب الاختلاف في اللزوجة والصفات والصفات التعويمية للمياه (الشكل 3–3).

وتقل لزوجة المياه بشكل واضح مع زيادة درجة الحرارة التي قد تعلل بذلك زيادة الزوائد لعدد من الهائمات التي تعيش في المياه الدافئة اذا ما قورنت مع المياه الباردة . وقد يعلل تتابع الانواع خلال فصل الربيع في البحار للمناطق المعتدلة بسبب تأثير درجة الحرارة دفئاً حيث تزدهر في اواخر فصل الربيع وبداية فصل الصيف . ولوحظ ايضاً التتابع الفصلي للهائمات في كل من مياه المنطقتين القطبيتين الشمالية والجنوبية والمنطقة الاستوائية عندما يكون التغيرفي درجة الحرارة ليس كبيراً . وفي بحيرة بيخال في روسيا يكون ازدهار الهائمات النباتية قبل انكسار الجليد.





Rhizosolenia hebetata *(a) Summer and (b) winter forms*

شكل رقم (3–3) : مخطط لشكل الطحلب *Rhizosolenia hebetata* خلال فصل الصيف (أ) وخلال فصل الشتاء (ب) .(Tait 1972)

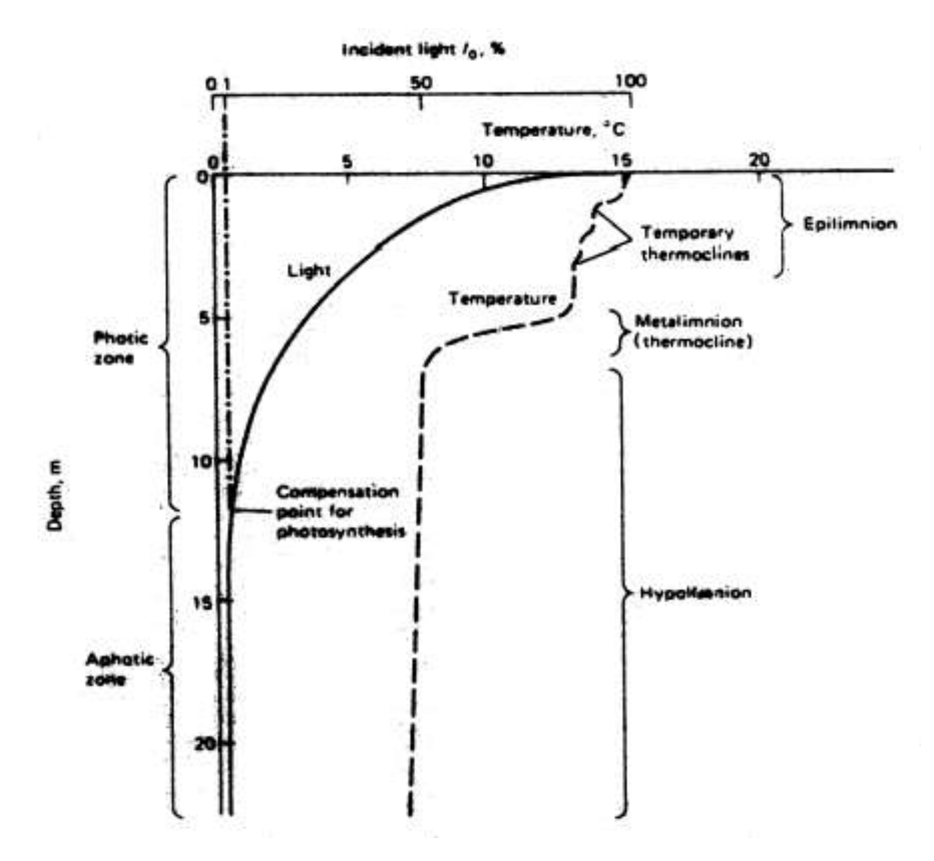
ونادراً ما يلاحظ بأن تواجد ثنائي اوكسيد الكربون يحدد نمو النباتات في البحار او المياه العذبة وقد يكون نقصاً في الاوكسجين الذائب في ذلك المسطح بسبب زيادة الحرارة ويؤدي هذا النقص الى التأثير في عملية التنفس وبذلك يحدد نمو الطحالب (الجدول 3–1) .

الجدول رقم (3–1): يبين ذوبان الاوكسجين في الماء , مقدرة بالسنتمترات المكعبة من الاوكسجين في الديسمتر المكعب من الماء المشبع بالهواء تحت ضغط جوي واحد (760 مليمتر) في درجة الحرارة المبينة ادناه وذلك في المياه العذبة وماء البحر ذو ملوحة 35.4 جزء بالالف (Boney1975)

درجة الحرارة (مئوية)	الاوكسجين الذائب في :	
	المياه العذبة	ماء البحر
صفر	10.29	8.08
5	9.03	7.26
10	8.02	6.44
15	7.22	5.93
20	6.57	5.38
25	6.04	4.95
30	5.57	4.52

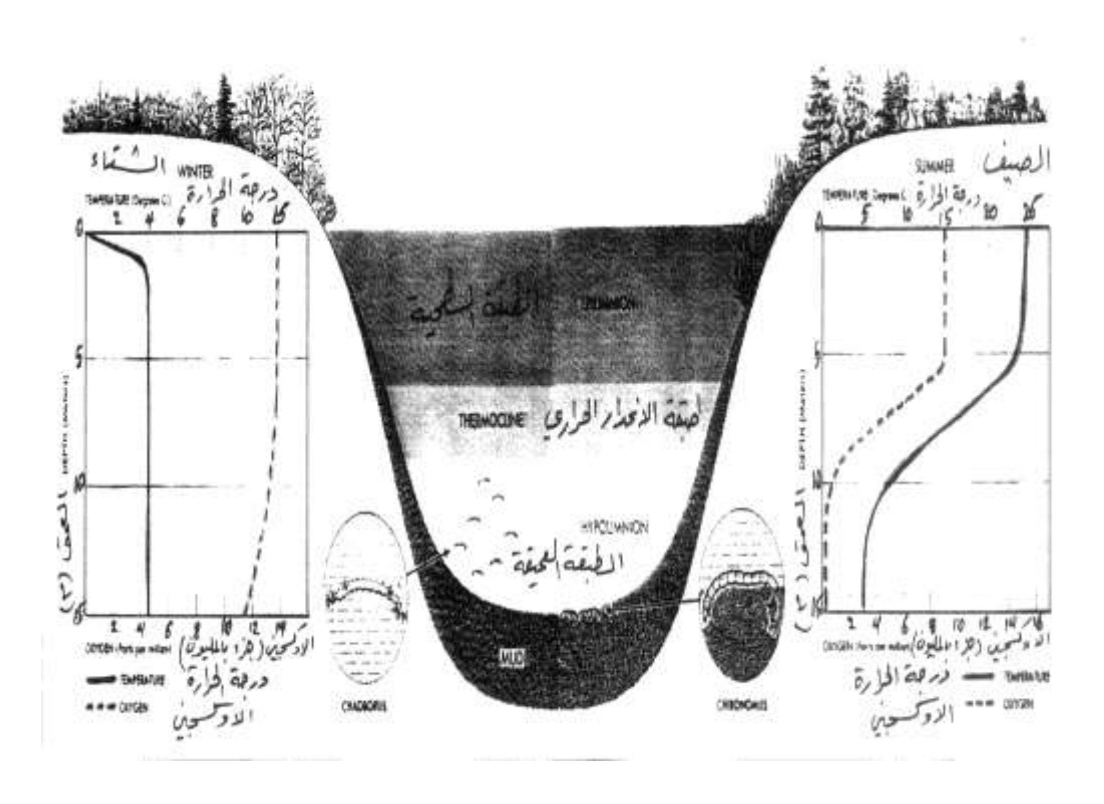
ويعد التنضيد الحراري Thermal Stratification للكتلة المائية في البحار او البحيرات العميقة من التأثيرات غير المباشرة لدرجة الحرارة . ويصاحب هذا تكوين طبقة غير مستقرة وهي الانحدار الحراري Thermocline. ويحدث غالباً أثناء الصيف المصحوب بدرجة حرارة عالية وشدة ضوء عالية أيضا .

ويحدث في مياه البحار غير العميقة او الضحلة اضطراب Turbulence حيث لاتتكون طبقة الانحدار الحراري او عند تكوينها سوف لاتستمر الا بضعة ايام. اما في المياه التي لا يوجد اضطراب لمياهها عند السطح فيلاحظ تكون طبقات حرارية مميزة خلال فصل الصيف فتكون الطبقة العلوية ذات مياه دافئة Epilimnion تفصل عن الطبقة المائية الباردة السفلية Hypolimnion بوساطة طبقة رقيقه وهي الطبقة الوسطية Metalimnion (الشكل 3-4).



الشكل رقم (3−4) : يوضح التركيب الحراري والضوئي او البصري (Optical) مع العمق لبحيرة خلال فترة التنضيد الحراري لفصل الصيف . (Goldman and Horne 1983)

ويلاحظ التنضيد أو التطبق الحراري Thermal stratification في البحيرات التي تقع في المناطق المعتدلة الشمالية . ففي فترة اشهر الصيف تتكون طبقة سطحية Epilimnion دافئة غنية بالاوكسجين تفصلها عن الطبقة العميقة Hypolimnion الباردة والفقيرة بالاوكسجين طبقة واسعة تدعى طبقة الانحدار الحراري Thermocline (الشكل 3−5).



الشكل رقم (3−5) :التنضيد الحراري لبحيرة في منطقة معتدلة شمالية خلال الصيف والشتاء. ويلاحظ تكون طبقة سطحية دافئة غنية بالاوكسجين تفصل عن الطبقة العميقة الباردة الفقيرة بالاوكسجين بطبقة واسعة وهي طبقة الانحدار الحراري (بعد Odum 1971).

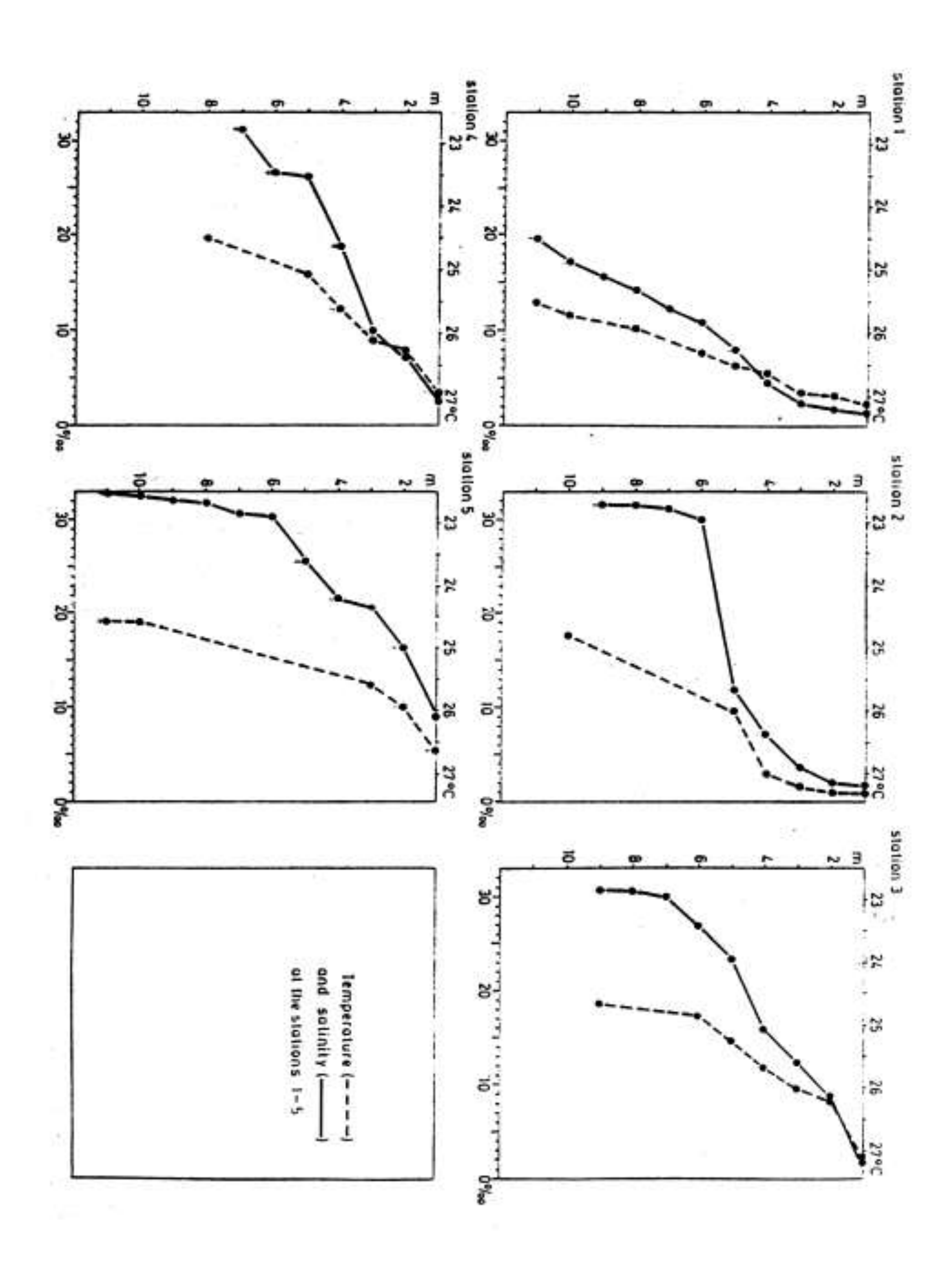
ويعمل التنضيد الحراري على فصل كتل مائية وذات احياء مائية عالقة وعند تكونها سوف تشكل عاملاً مهماً في شكل البحيرة والحياة فيها وذلك في نهاية الشتاء او بداية الربيع عندما تقل درجة الحرارة عند السطح عنها في طبقة المياه العميقة. ويتحدد عمق الطبقة غير المستقرة بالاضطراب المائي عند السطح ويكون عادة الشكل المحدد في المناطق القريبة من خط الاستواء كما يتواجد فصليا في المناطق البعيدة من خط الاستواء.

ولا يمكن ملاحظة التنضيد الحراري في المياه الضحلة او القليلة العمق كما هو الحال في منطقة شمال غرب الخليج العربي (الشكل 3–6). وقد ينشا الانحدار الحراري في بعض البحيرات خاصة عند استقرار الجو حيث دلت الدراسات بان الرياح التي تهب على السطح تأثر تاثيرا ملحوظا على عدم استقرارية هذه الطبقة فعند هبوب الرياح في بحيرة ما فان الطبقات الحرارية الثلاث الموجودة تتاثر تاثيرا واضحا وترجع مرة اخرى عند استقرار الجو.

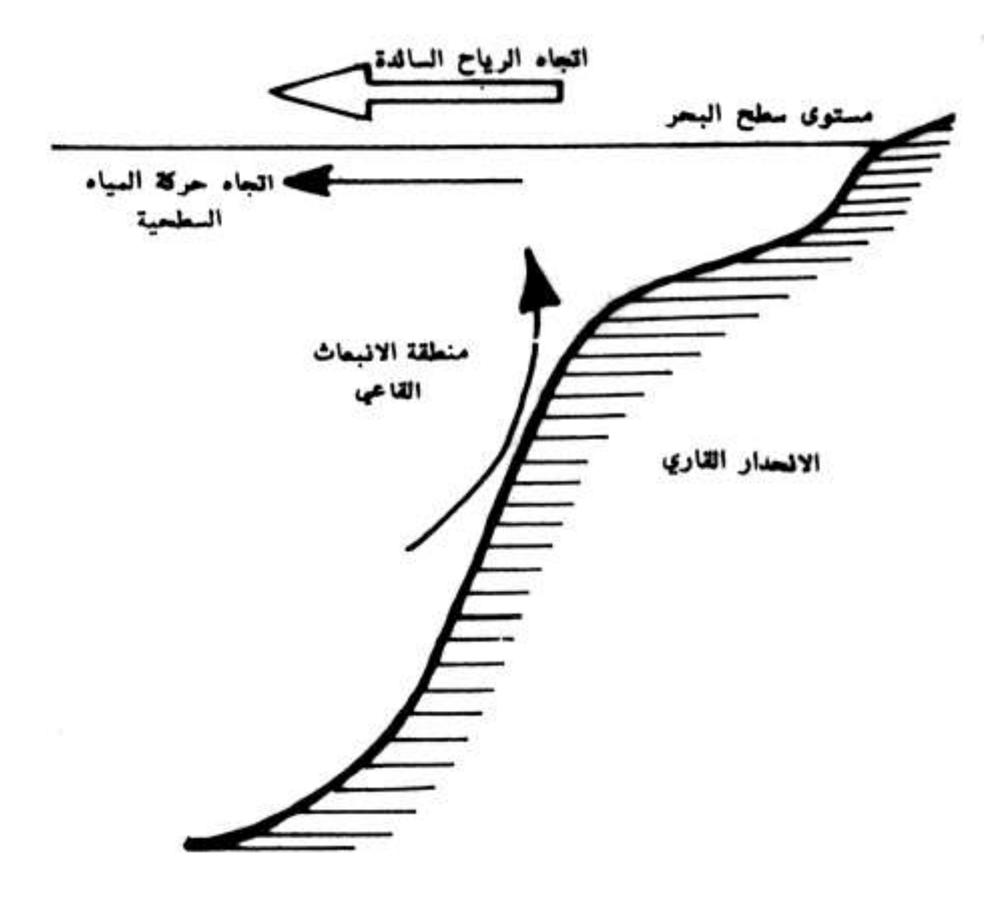
هذا وقد يمنع تكوين الانحدار الحراري ايضا في اعالي البحار وذلك بفعل الرياح التي تحدث اضطرابا في المياه وكذلك عند حدوث ظاهرة الانبعاث القاعي Upwelling (الشكل 3–7). وتحدث هذه الظاهرة بعد حدوث الاضطراب للطبقات السطحية بفعل الرياح ودفعها كنتيجة لذلك تتحرك الطبقات المائية العميقة الى الاعلى حاملة معها مكوناتها من مواد مغذية او كائنات حية متجهة باتجاه السطح . ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة في المياه الساحلية الافريقية الغربية وامريكا الجنوبية. وتزيد هذه الظاهرة من عملية الخلط بين السطح والمياه العميقة الغنية بالمغذيات مما تحدث طبقة كثيفة من النمو للنباتات (الهائمات النباتية والاعشاب البحرية) وما ينجم عنها من ازدهار في نمو الاحياء البحرية الاخرى وبذلك تكون منطقة جيدة لصيد الاسماك .

وتاتي اهمية التنضيد الحراري بالنسبة لتواجد الاحياء البحرية في الطبقات العليا من البحار والبحيرات من الحاجز الذي تصنعه في عملية الخلط العمودي وتتحرك الهائمات النباتية بوساطة حركة المياه فوق طبقة الانحدار الحراري التي تتواجد غالبا في الطبقة المضيئة . وتحدد النمو عوامل اخرى مثل تواجد المغذيات لهذه الهائمات النباتية التي تعتمد هي الاخرى على حركة المواد المعدنية ودورانها في الطبقات العميقة من قعر

البحار او البحيرات وتكون العناصر المعدنية الذائبة في التربة بوساطة عمليات البزل ذات اهمية لتغذية النباتات . وعند زيادة الاضطراب المائي للبحار في فصل الخريف سوف تؤثر كتلة المياة المتحركة على كسر الطبقة غير المستقرة وبذلك سيمتزج عمود الماء بهذه الحركة.



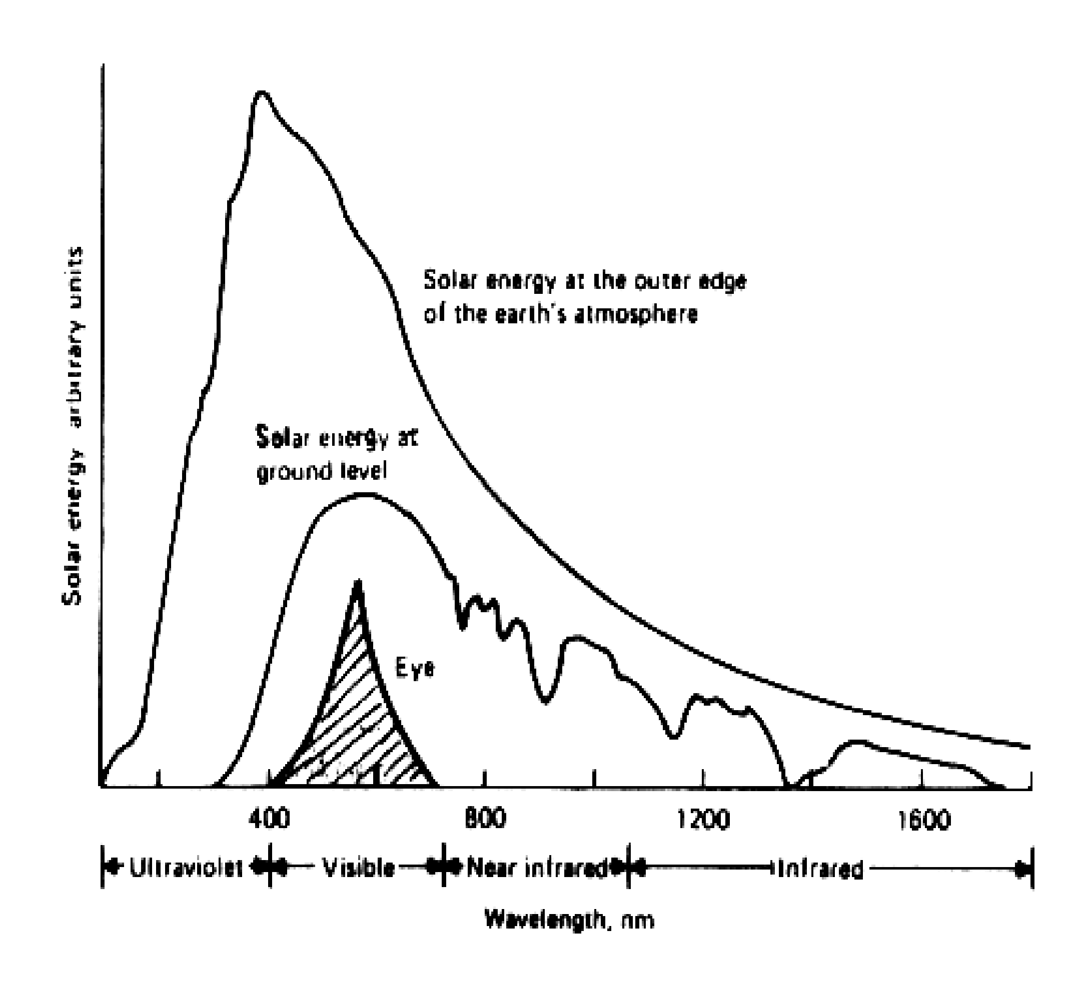
الشكل رقم (3−6) : يوضح درجات الحرارة والملوحة لخمسة محطات عند منطقة مصب شط العرب في الخليج العربي .(Al-Saadi and Arndt 1973)



الشكل رقم (3-7) : مخطط يوضح ظاهرة الانبعاث القاعي

ثانياً: الضوء Light

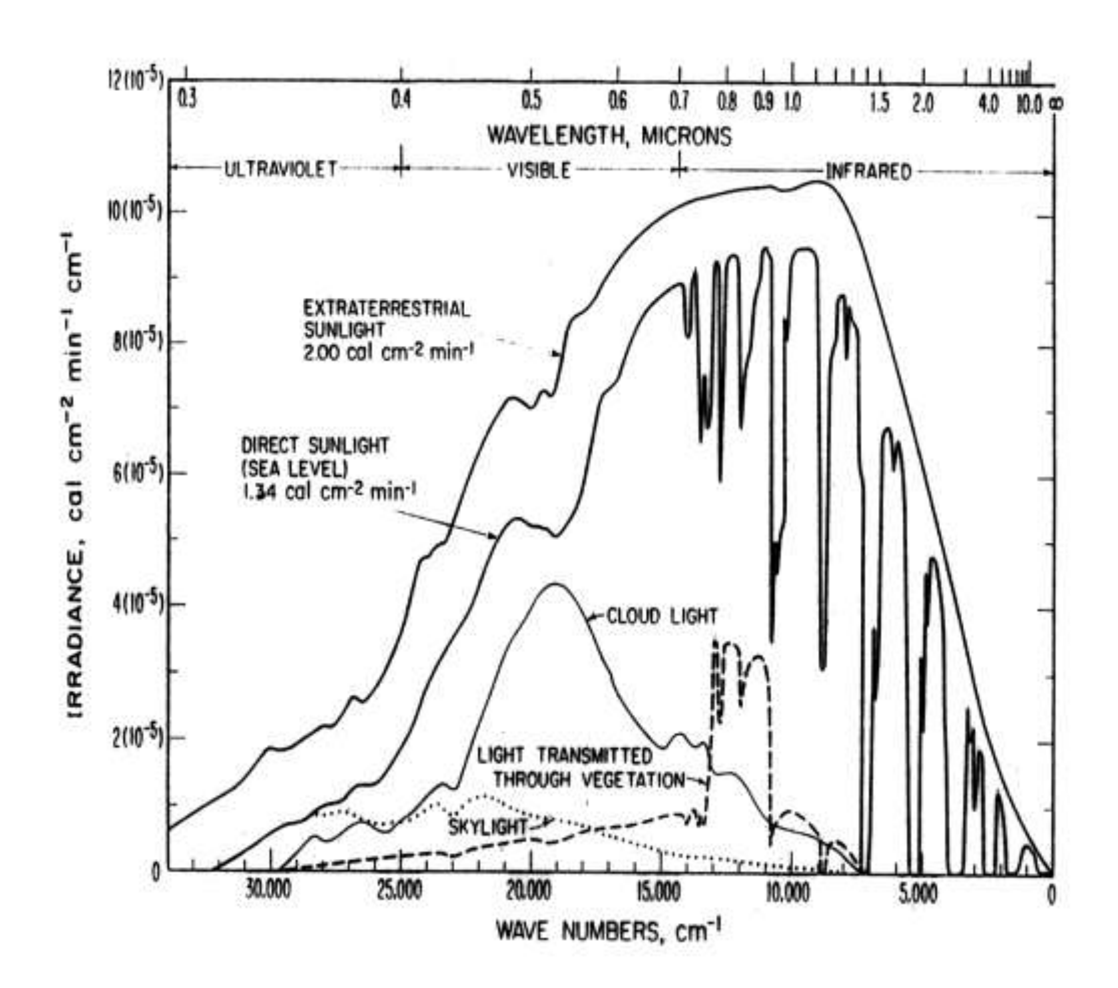
ان مصدر الطاقة الرئيسي هو الاشعة الشمسية والتي تستخدم في الانشطة الايضية بصورة مباشرة من قبل النباتات. والضوء او الضوء المرئي Light هو جزء من الطاقة الاشعاعية التي تتراوح اطوال الامواج فيه بين 380-760 نانو متر (الشكل 3-8).



الشكل (3-8) : الطاقة الشمسية التي تصل الجو والارض .

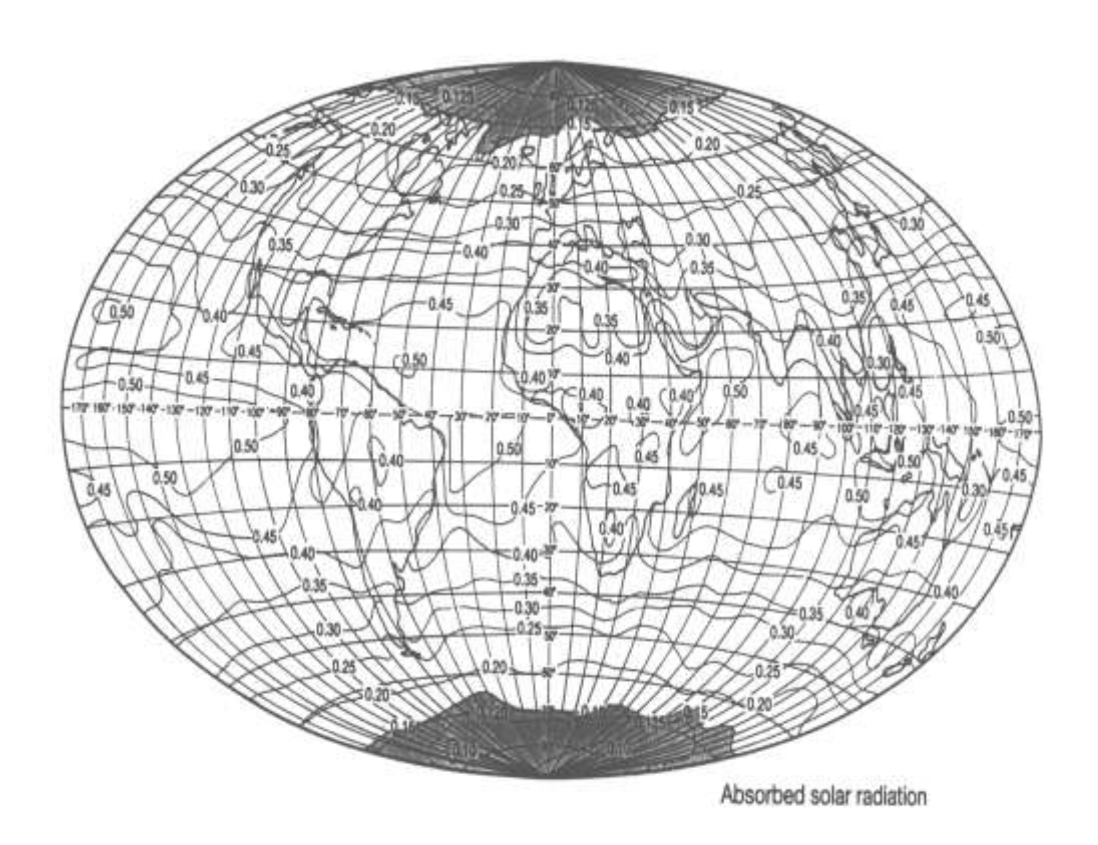
تمثل المنطقة المضللة ماتتحسسه العين البشرية (400-700 نانومتر).الاشعة الحرارية (لم تظهر في الشكل) بطول موجي بين 5000-14000 نانومتر تقريباً مع اشعة فوق الحمراء infrared تشكل حوالي نصف الطاقة الشمسية عند سطح المياه.

ويمكن تتبع التوزيع الطيفي Spectral distribution للأشعة الشمسية عند مستوى سطح البحر حيث ان كمية الطاقة المستلمة في يوم صافي تقدر بحدود 1.34 سعرة بالسنتمتر المربع بالدقيقة (الشكل 3–9) .



الشكل (3–9) : التوزيع الطيفي للاشعة الشمسية لما يصل الارض وعند مستوى سطح البحر في يوم صافي (بعد Odum 1971).

وتاتي الطاقة الاشعاعية الى النبات من الاشعة الشمسية بصورة مباشرة او من خلال مرورها بالجو او انعكاسها او مرورها من خلال اجسام اخرى . والجزء المباشر من الطاقة الاشعاعية يكون قيمته الاعلى كلما اقتربنا من خط الاستواء (شكل 3−10).



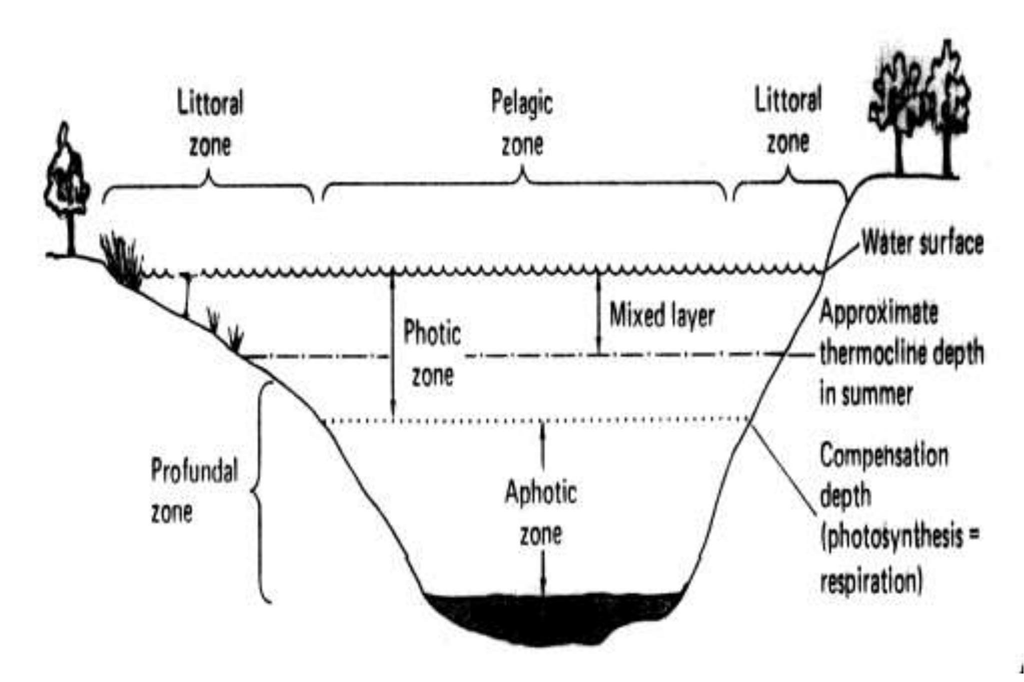
الشكل (3−10) : خريطة الكرة الارضية لاشعة الشمس الممتصةسنوياً مقدرة بالسعرات الحرارية بالسنتمترالمربع في الدقيقة، على اعتبار ان السعرة الحرارية تساوي 4.2 جول (Bogen et al . 1986) .

وتستقطب الطاقة الاشعاعية (الضوء) من قبل الصبغات المختلفة الموجودة في النباتات كالكلوروفيلات والكاروتينات والتي ستتحول الى طاقة كيمياوية يستغلها النبات في تثبيت غاز ثنائي اوكسيد الكربون على هيئة مادة عضوية ابتداءً من السكر البسيط. وهذه المادة العضوية ستكون مصدرا للطاقة والكاربون للبكتريا والفطريات مباشرة او بعد تحويلها بوساطة الحيوانات. أي بعبارة اخرى تعد النباتات الاحياء الوحيدة التي يمكن ان تستقطب الطاقة الضوئية وتحولها الى طاقة كيمياوية ومن ثم تكوين المادة العضوية وبعدها تكون غذاء الى الاحياء الاخرى .لذا يعد الضوء من اساسيات الحياة في البيئة المائية او بيئة اليابسة لذا تعد النباتات من هذا المفهوم ذاتية التغذية Autotrophic في حين بقية الاحياء تعد غير ذاتية التغذية أو مختلفة Heterotrophic أي تعتمد على احياء اخرى للحصول على الكاربون العضوي عدا بعض انواع البكتريا كالبكتريا البنفسجية Purple bacteria وبكتريا ذاتية التغذية الكيمياوية Chemo-autotrophic وبذلك تعد النباتات ذات اهمية كبيرة لطاقة الاحياء في البيئة من خلال انتاجيتها الاولية Primary production التي تقوم بها من خلال استغلالها المباشر للطاقة الاشعاعية ويجب الاخذ بنظر الاعتبار عدة امور مثل شدة الضوء الساقط والمدى الذي يعمل اليه الضوء ضمن عمود الماء كمياً ونوعياً . ويقصد بنوعيا أي مديات اطوال الموجة ومدى تاثيره وامتصاصها من قبل الصبغات الموجودة في خلايا الطحالب فضلا عن معرفة التغيرات المباشرة للضوء اثناء مروره بالهواء.

وهناك علاقة طردية بين شدة الضوء الموسمي مع درجة الحرارة حيث ان التغيرات الشهرية في درجة حرارة مياه البحار والمحيطات فضلا عن بقية المسطحات المائية، تتاثر بالتغيرات مع شدة الاضاءة . علما بان شدة الضوء الساقط في الماء تختلف باختلاف المكان والموسم والوقت خلال اليوم .فهي تقل مع العمق وهذا بفعل امتصاص الماء والمواد العالقة بضمنها الاحياء المائية كالهائمات Plauktons بالاضافة الى الانعكاس بوساطة الهائمات والمواد العالقة الاخرى وبعض الانحراف للضوء بوساطة جزيئات الماء ما يدعى بتشتت الجزيئات . وقد يحدث تشتت الضوء بوساطة المواد العالقة

ايضا. فاللون الازرق لمياه المحيط الصافية ناتج عن تشتت هذا اللون باتجاه الاعلى بينما تكون المياه الساحلية ذات لون اخضر وذلك لوجود كميات كبيرة من المواد العالقة التي تعكس الضوء في موجات اطول.

واعتمادا على تواجد الضوء يمكن تشخيص ثلاث طبقات ضمن عمود الماء في البحار او البحيرات العميقة وكما يلي (الشكل 3−11) :



الشكل (3−11) : مناطق البحيرة المختلفة

1. الطبقة الضوئية (Photic zone (Euphotic zone

وهي الطبقة التي يوجد فيها الضوء ما يكفي لحدوث عملية البناء الضوئي للنباتات المائية كالطحالب لذا تسمى هذه الطبقة كذلك بالطبقة المنتجة Productive zone .

2. الطبقة الضوئية الوسطية Dysphotic zone

وهي الطبقة التي يتواجد فيها الضوء بكمية محدودة جدا .لذا فان بقاء الهائمات النباتية في هذه المنطقة يكون غير ملائم باعتبار ان الضوء غير كافي لعملية البناء الضوئي او ان عملية البناء الضوئي تعادل عملية التنفس.

3. الطبقة المظلمة Aphotic zone

وهي الطبقة التي تنعدم فيها وجود النباتات وذلك لعدم امكانيتها بقيام بعملية البناء الضوئي وذلك لانعدام الضوء بصورة دائمية في هذه المنطقة.

ويختلف عمق كل طبقة من الطبقات اعلاه باختلاف الموقع والموسم وظروف المكان كوجود الانهار والتيارات وكمية المواد العالقة ونوعيتها. لذا يتعذر تحديد عمق هذه المناطق بصورة عامة . ويتفق العلماء بان الحد الادنى من نشاط الهائمات النباتية لعملية البناء الضوئي يكون عند شدة الاضاءة ما تقارب من 1% مما هو عليه عند السطح . وبذلك يعد هذا المستوى كالحد الادنى الفسلجي للمنطقة الضوئية المنتجة في البحار والبحيرات.

ويحدث امتصاص الطاقة الاشعاعية خلال عمود الماء بشكل ملحوظ. ففي البحار والمحيطات يلاحظ ان 62.3 % من الطاقة القادمة تمتص في عمق المتر الاول وتصل الى 83.9 % في عمق عشرة امتار وفي المياه الساحلية ولوجود مواد عالقة كثيرة فيصل الامتصاص من الطاقة الاشعاعية الى 99.5 % على عمق عشرة امتار . كما ان نوعية الضوء تختلف عند اختراقه عمود الماء (الشكل 3−12).

ويوثر الضوء في النباتات في ثلاث مجالات رئيسية هي :

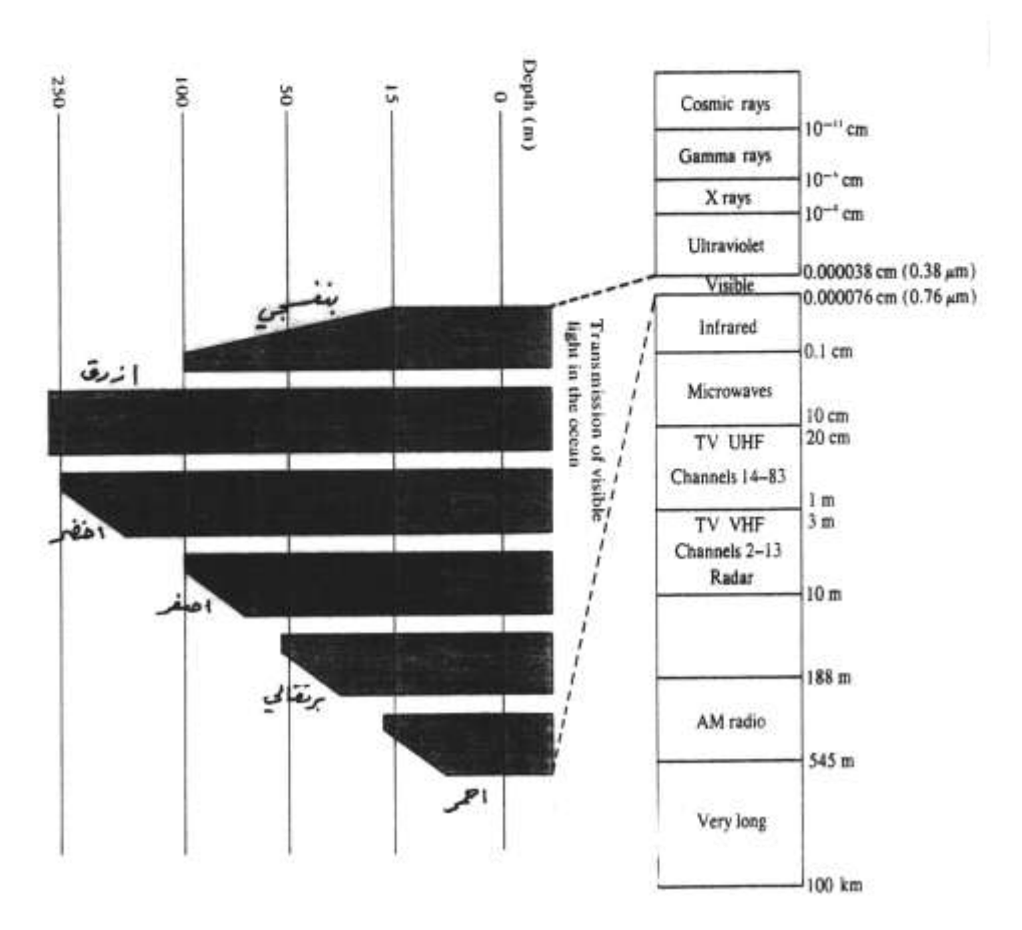
1. من خلال عملية البناء الضوئي
2. من خلال العمليات الفسلجية التي لها علاقة غير مباشرة بعملية البناء الضوئي.
3. من خلال العمليات الفسلجية التي ليس لها علاقة مطلقاً بعملية لبناء الضوئي.

تأثير الضوء في النباتات

هناك عدد من الاستجابات الوظيفية للنباتات يمكن ادراج اهمها كما يلي:

1. التحمل Tolerance

تختلف الطحالب اختلافا كبيرا بالنسبة لمقاومتها لشدة الاضاءة العالية وذلك بسبب الاختلافات الوراثية او التطبع غير الوراثي للمستويات المختلفة من شدة الاضاءة. وتتاثر سرعة عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية كثيرا عند تعرضها الى ضوء الشمس المباشر لمدة من الزمن.



الشكل (3−12) : اختراق الضوء المرئي light في عمود الماء
(Thurman and Webber1984)

وتظهر الهائمات النباتية البحرية قابلية ملحوظة في التطبع الى كميات مختلفة من الضوء. ويلاحظ بان الهائمات النباتية التي تتجمع قرب السطح تكون اكثر مقاومة لشدة الاضاء العالية بالمقارنة مع تلك المتواجدة في العمق .كما ان هناك اختلافات في تطبع الهائمات النباتية في اعماق مختلفة في الكتل المائية ذات الاستقرار في عمودها المائي للطبقة الضوئية المنتجة . اما في المياه الممتزجة جيدا فتكون هذه الهائمات ذات تحمل للضوء بشكل متوسط.

وقد لوحظ لاحد الطحالب الخضراء من نوع *Dunaliella tertiolecta* عند تعرضه لضوء الشمس بشدة حوالي (100) كيلولوكس ولمدة تسع ساعات يظهر في البداية هبوط سريع ثم تدريجيا قلة في قابلية لعملية البناء الضوئي . ويحصل بعض التاثير على كمية صبغة الكلوروفيل لنفس الفترة. وقد لوحظ ان كمية صبغة الكلوروفيل للهائمات النباتية في المياه السطحية البحرية تقل خلال تعرضها لضوء الشمس المباشر وذلك بسبب قصر الصبغة Bleaching .

وفي نوع اخر من الطحالب الخضراء الذي يعيش في المناطق الاستوائية وهو *Acetabularia crenulata* الذي ينمو في حقل غذائي Culture في المختبر تحت اضاءة قليلة جدا ، عندما يعرض فجاة الى ضوء الشمس المباشر لمدة (6) ساعات يظهر في خلال الساعات الثلاث الاولى قصر قليل للصبغة كما ان نشاط الانزيمين الدوليز Aldolase ورايبوز ثنائي الفوسفيت كاربوكسيليز Ribulose 1,5 diphosphate carboxylase المشاركين في عملية البناء الضوئي وتثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون قد تغير قليلا جدا كما سجل انخفاضا بحدود (60%) في التفاعلات الضوئية وتفاعلات تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون في عملية البناء الضوئي ولنفس الفترة. وبعد (6) ساعات من التعرض الى ضوء الشمس المباشر تم قصر (70%) من صبغة الكلوروفيل فضلا عن ان قابلية الطحالب للبناء الضوئي فقدت تقريبا كما حصل فقدان سريع لنشاط الانزيمين اعلاه خلال الساعات الثلاث الاخيرة.

وكما هو معروف منذ وقت طويل بان شدة الاضاءة العالية تكون مضرة للطحالب البحرية الملتصقة (Attached (Benthic . فقد وجد بان الطحالب النامية في مكان ظليل تكون احسن حالا في نموها من تلك التي تتعرض لضوء الشمس المباشر. كما لوحظ ان تحمل الضوء يلعب دورا مهما في التوزيع العمودي لهذه الطحالب .

ومن التجارب التي استخدم فيها مديات مختلفة من الضوء لوحظ بان تاثيرات الضوء لعامل الضوء تعزى اساسا الى اطوال الامواج القصيرة . وفي تجارب اخرى وجد ان اطوال الامواج اطول من (550) نانومتر قتلت اجزاء من الطحالب التي تعيش في المناطق شبه الساحلية خلال خمس ساعات من تعرضها مثل النوعين *Pterochondria woodii* و *Callophyllis marginifructa* . وفي الطحلب الاخضر *Cladophora insignis* انخفض معدل عملية البناء الضوئي بحدود 40% خلال تعرضه لساعة واحدة الى شدة اضاءة قدرها (100) كيلولوكس .كما ان نسبة عملية البناء الضوئي في (3)

كيلولوكس اقل من نسبة عملية التنفس مما يدل الاعاقة الكبيرة كانت في ناتج الطاقة ونسبة تفاعلات تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون.

ويؤدي التعرض الطويل للاشعة فوق البنفسجية الهلاك لمعظم الطحالب وتتفاوت فيما بينها حسب كمية الاشعة المميتة واختلاف النوع والنواحي الفسلجية . ويبدو ان الاشعة فوق البنفسجية مضرة خاصة عند وجود موجات اطول منها .

وفي منتصف التسعينات اشار كراهام (Graham 1995) الى ان الطحلب الاخضر *Spirogyra* sp. ينمو جيدا في درجة حرارة 25 درجة مئوية وشدة اضاءة 237 مايكروواينشتاين بالمتر المربع بالثانية وذلك لان عملية البناء الضوئي تكون ايجابية في هذه الظروف في حين اعطت نتائج سلبية في درجات حرارة عالية وشدة اضاءة واطئة. واوضح اوينل (Oneal 1995) في دراسته على الطحلب الاخضر *Pithophora* sp. بان نموه يزداد في درجة حرارة 35 درجة مئوية وشدة اضاءة 500 مايكروواينشتاين بالمتر المربع بالثانية ويثبط نموه بدرجة حرارة 15 درجة مئوية, مما يعني امكانية الطحلب لتحمل درجات حرارة عالية .

تعتمد الطحالب على الضوء كمصدر لها للطاقة حيث تنمو ثم تبدا تضمحل بعد حد ادنى معين من التحمل ويعد تشخيص مثل هذا الحد بشكل دقيق من الامور ليست باليسيرة. واعتمادا على التغيرات التي تحدث في البيئة المائية فان الطحالب قد تتطبع تدريجيا مع الظروف الجديدة. وبذلك يكون من الاهمية الاخذ بنظر الاعتبار العديد من العوامل كالحرارة والضوء والمواد المغذية لتحديد مرحلة التعادل الضوئي Light compensation point للطحالب بعد اعطاء فترة كافية من الوقت لاكمال او بلوغ حالة التطبع غير الوراثي في كل ظرف قبل اعطاء اية فكرة عن الحد الادنى لتحمل الضوء .

كما تظهر الطحالب اختلافات كبيرة في التحمل لشدة الاضاءة القليلة او الظلام الكلي الوقتي. حيث اثبت بعض الباحثين بان بقاء الطحلب الاخضر *Dunaliella tertiolecta* في الظلام بدرجة حرارة (20) درجة مئوية وخلال خمسة ايام اظهر فقدان كلي لقابليته في عملية البناء الضوئي وحيويته . وقد عرضت خلايا من نفس الطحلب بشدة اضاءة اقل كثيرا من درجة الاشباع ووجد ان قابليته للبناء الضوئي قد استرجعت ولفترة طويلة جدا من الزمن . فضلا عن ان بقاء الطحلب عند درجة حرارة (5) مئوية وضوء مستمر مقداره 20 مايكرووات بالسنتيمتر المربع (ما يقارب 50 لوكس) بقيت الخلايا نشطة في اداء عملية البناء الضوئي ولمدة ثلاثة اسابيع بدون زيادة في عدد الخلايا . وطبيعة فقدان الكاربون من الخلايا في الضوء القليل تشير الى ان نسبة التنفس

وكذلك درجة الاشباع تقل بشكل معنوي مع الزمن. وفي دراسات اخرى وجد بان شريطا من طحلب *Ectocarpus confervoides* في حالة نشطة بعد تعرضه الى الظلام الكامل في (15) درجة مئوية ولمدة (150) يوما ولم ينمو هذا الطحلب في الظلام على عدة مصادر من الكاربون العضوي لذا فانه قد يكون من الاحياء التي تشترط وجود الضوء لصنع الكاربون العضوي بنفسها كما هو الحال في بقية النباتات باعتبارها ذاتية التغذية.

وقد وجد بان الاعشاب البحرية التي تم تجميعها من اعماق كبيرة في القطبين الجنوبي والشمالي لها القابلية في ظروف التحمل لاضاءة قليلة ولفترة طويلة من السنة.

لذا فان الحدود الدنيا للتحمل الضوئي للطحالب تحتاج الى دراسات مستقبلية تفصيلية. ومن المعلومات المتوفرة فان ذلك يدل على وجود تغيرات كبيرة حسب الانواع كما انه بامكان الطحلب تغيير متطلباته من الضوء اعتمادا على التطبع الفسلجي للاستجابة لظروف البيئة المتغيرة .

2. الانشطة والتفاعلات الحيوية :

وتشمل مايلي :

أ. انتاج الصبغة والتطبع الصبغي Chromatic

ان معظم الطحالب المدروسة لاتحتاج الى الضوء لتكوين صبغة الكلوروفيل عكس ما هو معروف بالنسبة للنباتات الراقية التي تحتاج الى الضوء لتحويل مركب الكلوروفيل الاولي Proto chlorophyll الى صبغة الكلوروفيل رغم ان بعض الطحالب خاصة الطحالب الخضراء تحتاج الضوء لتكوين الصبغة والحفاظ عليها. وقد وجد في الطحلب البحري *Dunaliella tertiolecta* ان كمية الكلوروفيل فيه تزداد بسرعة حالة نقله الى ظلام كلي ، وكذلك الحال في معظم الطحالب المدروسة من المياه العذبة .

كما ان الضوء يعمل على تنشيط تكوين صبغات الكاروتينات في النباتات ولكن لا توجد متطلبات الضوء مطلقة لتركيبها الحيوي . وقد تم توضيح غياب الضوء في تقليل كمية الكاروتينات في اليوغلينا ولكنه لا يثبط انتاجها بشكل نهائي . ويزداد تركيب الكاروتينات بازدياد شدة الاضاءة ثم يقل مرة اخرى عند حصول تكسير هذه الصبغات بفعل الضوء.

وتلعب شدة الاضاءة دورا مهما في تحديد كمية الكلوروفيل في خلايا الطحالب وتحوي الطحالب وحيدة الخلية النامية في اضاءة قليلة (خلايا الظل) على كميات كلوروفيل اكثر من تلك التي تعيش في شدة اضاءة عالية (خلايا معرضة الى اشعة الشمس) وفي حقول غذائية تحتوي على الانواع من الطحالب التالية :

Amphidinium carteri و *Monochrysis lutheri* و *Dunalliella tertiolecta* و *Skeletonema costatum* . وقد حولت هذه الطحالب من اضاءة قليلة (0.02 لنكلي بالدقيقة) الى شدة عالية (0.35 لنكلي بالدقيقة) فقد قلت نسبة تكوين صبغة الكلوروفيل- أ بالنسبة الى نسبة الانقسام الخلوي و لا يلعب قصر الكلوروفيل – أ دورا في التطبع للظل الى الخلايا التي تعيش في ضوء الشمس . وعندما حولت الخلايا من شدة اضاءة عالية الى قليلة , فقد زادت نسبة تكوين صبغة الكلوروفيل بالنسبة الى نسبة الانقسام الخلوي وانتاج خلايا ذات كمية كلوروفيل عالية .

ويزيد نقص النايتروجين من القابلية الضوئية Photolability لكل من الكلوروفيل وصبغات الكاروتينات لطحلب المياه العذبة *Chlorella* sp. . ويعتقد بان نفس الحالة بالنسبة الى الهائمات النباتية البحرية التي تعاني من نقص النتروجين عند تعرضها حتى الى شدة اضاءة متوسطة (18 كيلولوكس) ولعدة ايام .

لقد اثبتت الدراسات بان تحويل الكلوروفيل – أ الى الفايوفايتين Phyophytene في الهائمات النباتية البحرية عند بقائها في ظلام كامل لعدة ايام. كذلك تم توضيح زيادة نسبة الفايوفايتين الى الكلوروفيل – أ مع العمق في المحيط والتي ترتبط بانخفاض القابلية لعملية البناء الضوئي .وتظهر بان استقرار صبغة الكلوروفيل من الناحية الكيمياوية والوظيفية في الهائمات النباتية تعتمد على وجود الضوء ونفس الحالة بالنسبة الى اعتماد الضوء في استقرار صبغة الكلوروفيل قد وجدت في اليوغلينا.

وهناك بعض الدراسات تدل على ان كلا من شدة الاضاءة ونوعية الضوء عاملان يؤثران في تكوين الصبغات في الطحالب . وبالامكان تسلسل الصبغات الموجودة في طحلب المياه العذبة *Chlorella* بالنسبة الى اقلالها المقاومة النسبية لشدة الاضاءة كما يلي :الزانثوفيل ثم الكلوروفيل أ ثم الكلوروفيل ب ثم الكاروتين .

ووجد ان صبغات الفايكوبلينات Phycobilins في الاعشاب البحرية الحمراء هي اكثر تغيرا بالضوء من صبغة الكلوروفيل أ . وتتواجد الاعشاب البحرية الحمراء احيانا في اعماق اكثر من الاعماق التي تعيش فيها وبالوان خضراء او خضراء قهوية كما في انواع من الاجناس *Fucellaria* و *Chondrus* و *Laurencia* . وقد

يكون تعليل ذلك بسبب التكسير الضوئي لصبغات الفايكوبلين . كما لوحظ بان الطحلب *Laurencia pinnatifiola* المعرض للضوء يكون اللون الاخضر المصفر لغاية نهاية الصيف كما ان الطحلب *Gigartina acicularis* يفقد لونه الاحمر ويكون اخضر مصفر في الاجزاء المعرضة للضوء . وبصورة عامة تميل نسبة صبغة الفايكواثرين Phycoerythene الى صبغة الكلوروفيل في الاعشاب البحرية الحمراء الى الزيادة بزيادة العمق .

ب. البناء الضوئي Photosynthesis

يعد الضوء مصدرا فريدا للطاقة في عملية البناء الضوئي . وترتبط شدة الاضاءة مع نسبة البناء الضوئي بعلاقة خطية للبلوغ الى درجة الاشباع الضوئي Light satuaration التي بعدها لاتؤثر الزيادة في شدة الاضاءة في نسبة البناء الضوئي .

وتم الحصول على منحنيات للبناء الضوئي لعدد من الهائمات النباتية البحرية النامية في الحقول الغذائية تحت اضاءة مختلفة . فقد وجد ان الطحالب الخضراء والدايوتومات والسوطيات الدوارة Dinoflagellates تصبح مشبعة ومثبطة في شدة الاضاءة العالية في مجمعات الهائمات النباتية البحرية في المنطقة الضوئية المنتجة المستقرة نسبيا، وتستجيب عملية البناء الضوئي الى الضوء الذي يختلف باختلاف العمق وتصبح الهائمات النباتية القريبة من السطح مشبعة ضوئيا وكذلك مثبطة بالضوء في شدة الاضاءة العالية .

جـ. الاخذ الايوني وتنظيمه Ion uptake and regulation

هناك طريقتان يمكن التعرف بواسطتها على كيفية تاثير الضوء في الاخذ الايوني وهما :

أ. الطريقة المباشرة : وتتم عن طريق البناء الضوئي وانتاج المركبات ذات الطاقة العالية مثل الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP وكذلك في نقل الالكترونات الذي يؤثر في اخذ الايون ضد تدرج تركيزه وما يعرف بالنقل الفعال Active transport .

ب. الطريقة غير المباشرة : والتي تتم من خلال فاعلية البناء الضوئي حيث يكون اخذ الايونات كالفوسفات والكبريتات من خلال تمثيلها في المركبات العضوية .

وفي بعض الدراسات عن تاثير الضوء والظلام في كمية الايونات في الطحلبين البحريين Valonia *macrophysca* و *Ulva lactuca* وجد انهما فقدا البوتاسيوم عند وضعهما في الظلام وكان الفقدان بشكل تدريجي في حين حصلا على الصوديوم . ويحدث العكس عند تعرضهما للضوء وبشكل سريع . وفي ابحاث اخرى اكدت بان الضوء ينشط اخذ ايون البوتاسيوم كذلك في الاعشاب البحرية الحمراء مثل النوع *Porphyra perforata* .

وفي النباتات الوعائية وبوجود الضوء تهاجر ايونات البوتاسيوم من الخلايا المجاورة الى فجوات الخلايا الحارسة في الاوراق الخضراء وغالبا ما يكون مصحوبا باختفاء النشا وتكون حامض الماليك . وهجرة ايونات البوتاسيوم هذه تسبب زيادة في قيمة الجهد الازموزي (اكثر سالبية) في الخلايا الحارسة التي بدورها تزيد من قيمة الجهد المائي (اكثر سالبية), مما تزيد من اخذ الماء من الخلايا المجاورة مما يؤدي الى زيادة في قيمة الجهد الضغطي للخلايا الحارسة ويؤدي هذا الضغط الى ابتعاد الخليتين الحارسيتين عن بعضهما بسبب اختلاف في تغلظ الجدران الخلوية للخلايا الحارسة مما يؤدي الى فتح الثغرة .

ويعتمد طحلب المياه العذبة *Nitella translucens* في اخذ ايونات البوتاسيوم والكلور على الضوء . ويؤثر الضوء ايضا في اخذ وطرح ايونات الصوديوم في طحلب الكارا *Chara australis* . لذا يبدو بان الطاقة المطلوبة لعمليات النقل تكون مشتقة مباشرة من العمليات الحيوية التي تعتمد على الضوء .

د. النمو Growth

تختلف الطحالب في نموها بالنسبة الى متطلبات الضوء . وتؤثر بعض الظروف الاخرى كالمواد المغذية ودرجة الحرارة في العلاقة بين شدة الاضاءة والنمو. ان معظم الطحالب تعيش بشكل جيد تحت الضوء المباشر الا ان بعض الدراسات تشير بان بعض الطحالب قد تعيش وتتطور بشكل مختلف عند تعرضها الى فترات ضوئية مختلفة . ففي بعض الاعشاب البحرية مثل *Porphyra tenera* و *Canstantinea subulifera_* فانها تستجيب جيدا لفترات التعرض للضوء بالنسبة الى نموها , وكانت الاستجابة للنوع الاول *P. tenera* للفترة الضوئية خلال تكون صبغة الفايتوكروم .

ويعتمد التكاثر لعدة طحالب بحرية اعتمادا وطيدا على شدة الاضاءة وكذلك على نوعية الضوء. كما ان الضوء له اهمية في تكوين الخلايا التكاثرية للطحالب الملتصقة. وفي بعض الاحيان تؤثر نوعية الضوء في تكوين الامشاج الذكرية والانثوية. وقد بدات

عدد من الدراسات الحديثة في السنوات الاخيرة من القرن العشرين للتوصل الى معلومات اكثر حول الطبيعة الفسيولوجية والكيمياوية لاستجابة الطحلب الى شدة الضوء ونوعيته من خلال دراسة كل نوع من الطحالب على حدة بعد عزله وتنقيته .

ان الضوء بما فيه شدته ونوعيته وطول فترة الاضاءة اليومية له اهمية كبيرة في توزيع الطحالب افقيا وعموديا . كما ان الطحالب تتفاوت في تحملها لشدة الاضاءة مما يؤثر في توزيعها العمودي .ولطول فترة الاضاءة اليومية دورا في تحديد تتابع الانواع ودورة الحياة في الطحالب الملتصقة في المناطق البعيدة عن خط الاستواء Higher latitudes .

تأثير الضوء في الحيوانات

تتاثر اللافقريات البحرية بعامل الضوء التي تحظي باهتمام علماء البيئة والفسلجة حيث تتباين هذه الحيوانات في درجة تطبعها على الضوء فهي تتحمل الضوء بدرجات متفاوتة حسب الانواع . ففي بعض الدراسات حول تاثير الضوء توصل بعض الباحثين الى ان عامل الضوء له تاثير مشابه لتاثير ارتفاع درجة الحرارة كما وجد ان حجم اناث الدافينيا او برغوث الماء *Daphnia magna* التي تعيش معرضة للضوء تكون اصغر عند مقارنتها مع الاناث التي تعيش في الظلام وتحت نفس الظروف الغذائية والحرارية .

وتتاثر العمليات الحيوية والوظيفية واللون الفسيولوجي بعامل الضوء .ويشجع الضوء النمو في المرجانيات Reef-building corals بينما يشجع الظلام النمو في القشريات Crustaceae وهذا يعتمد ايضا على التطبع . كما تتاثر يرقات اللافقريات البحرية السطحية Pelagic في المياه الضحلة بشكل ملحوظ بالضوء . وتؤثر شدة الاضاءة مع الحرارة والملوحة في الاستجابة الضوئية لليرقات . اما الحيوانات البالغة فانها تظهر اختلافا واسعا بالنسبة للتأثر بالضوء . ومن هذه الاختلافات ما تم توضيحه في التغيرات اليومية Diurnal للنشاطات المختلفة كالحركة والتغذية والسباحة ووضع البيوض والسلوك التي تشابه تعاقب النهار والليل. وقسم من هذا الرتم Rhythm يحصل تحت ظروف الضوء والظلام المثبتة في ظروف المختبر التي تعطي دليل على وجود الايقاع الداخلي Circadian rhythm للنمو المتوافقة مع التغيرات اليومية خلال فترتي الضوء والظلام . وكما هو معروف فان اللافقريات البحرية ما يسمى بالساعات الفسيولوجية Physiological clock تستطيع ان تستدل على الوقت في اليوم والسنة لبعض المتغيرات البيئية . كما ان هذه الساعة تسمح بالتعرف على التغيرات السنوية للفترات الضوئية والاستجابة لها .

ويعد الضوء من الامور الهامة في الانشطة التكاثرية عند اللافقريات لامد قصير مثل تكوين البيوض او لامد طويل مثل نضج الغدد التناسلية والامشاج وتحديد الجنس. كما ان الهجرة العمودية خلال اليوم للهائمات الحيوانية Zooplankton واللافقريات القاعية Benthic invertebrates في المحيطات والمياه الساحلية من الامور المعروفة ويمكن اعتبار الضوء عاملا محددا في السيطرة على هذه الهجرة . وهناك بعض الادلة تشيرالى ان التغيرات التركيبية في الحجم والشكل ذات علاقة ولو بشكل محدود ولو ان هذه العلاقة هي علاقة ضعيفة .

اما عن اهمية الضوء في حياة الاسماك من ناحية توزيعها او الفعاليات الحيوية والانشطة الاخرى فيتضح بان هناك علاقة لفسلجة العين بسلوك السمكة خاصة بالتطبع بالظلام. وان شدة الاضاءة بمقدار 0.1 متر شمعة التي تقارب الغروب المتاخر قد تكون كالبداية لهذا التأثير واهمية هذه البداية تكمن في العلاقة الفصلية والموقعية للاسماك . ففي فصول معينة وفي المناطق البعيدة عن خط الاستواء قد لا تكون سلوك بعض الاسماك متماثلة للانواع الاخرى . وفي بعض الاوقات تكبح قابلية التغذية والنمو لامد قصير للفترة الضوئية من اليوم في حين بعض السلوك المتاثر بالضوء مستمر لمدة 24 ساعة خلال اليوم . وحيث ان الضوء يختلف في البحار خلال اليوم الواحد فانه تحدث تغيرات في تطبع الاسماك للضوء والظلام.

وتكون بعض انواع الاسماك فعالة خلال النهار بينما تكون انواع اخرى فعالة في الليل. وعلى هذا الاساس يمكن استغلال هذه الظاهرة في تربية الاسماك تربية داخلية. حيث يمكن تغيير الاضاءة لمصلحة اسماك التربية وحسب النظام الطبيعي لفعاليتها. ان كل نوع من الاسماك يستجيب لذبذبات بايولوجية (Biological rhythms) معينة تخضع للتغيرات اليومية في نوعية الضوء وكميته وفترة الاضاءة . ففي حالة التغير الكامل في تعاقب الضوء والظلام على الاسماك يكون المردود سيئاً على النمو وعلى كفاءة التحول الغذائي. ولكن يمكن اطالة فترة الاضاءة بضع ساعات للحصول على نضج جنسي مبكر ونمو افضل دون تغير الذبذبات البيولوجية.

ان بعض الحيوانات تغير الوانها عند تعرضها لكميات ونوعيات مختلفة من الاضاءة او عند وضعها في مياه كدرة. فمثلاً سمك القط من نوع Channel catfish يصبح افتح او اغمق لوناً حسب الضوء ودرجة الحرارة. كذلك سمك Flounder فان من

المعروف عنه قابليته على تغيير لون جسمه حسب لون البيئة المحيطة اما بالنسبة للاسماك التي تعيش في اعماق المياه والتي لايصلها الضوء وكنتيجة ذلك تصبح عمياء لعدم جدوى حاسة النظر في تلك الاعماق كما تتحور بعض اجزائها الجسمية بشكل يساعدها التعرف على المحيط الخارجي عن طريق هذه الاجزاء كما قد تتحور بعض اعضائها الجسمية لتصبح اعضاء للانارة. وعموماً فمن الملاحظ ان جميع الاسماك التي تعيش في الاعماق السحيقة التي لايصلها الضوء تكون تغذيتها مفترسة. أما الدراسات التي تتضمن تأثيرات طول مدة الاضاءة في نمو الاسماك فلا تزال محدودة.

عندما تتعرض الاحياء المائية الى اضاءة مفاجئة فانها تستجيب بحركة عنيفة والتأثير الممكن حدوثه نتيجة التغير المفاجئ في درجة الاضاءة على نمو وحياة وفعالية وتكاثر ومقاومة الاسماك لايزال بحاجة الى دراسات تفصيلية . وفي الطبيعة فيلاحظ ان شدة الاضاءة بعد شروق الشمس تزداد بصورة تدريجية والعكس صحيح عند الغروب فلا يوجد خطر من التغير المفاجئ في الاضاءة .

وكما هو معروف فان الضوء له تاثير غير مباشر في انواع الحيوانات من خلال تغذيها على الهائمات النباتية التي لها تاثير مباشر بالضوء كما تم توضيحه سابقا. وقد اكدت بعض الدراسات بانه قد يؤدي الضوء خاصة الاشعة فوق البنفسجية الى موت هذه الاحياء ومنها الاسماك خاصة صغارها والسبب قد يتداخل عامل الضوء ودرجة الحرارة في هذا التاثير .

ثالثا : الملوحة Salinity

وكما لوحظ في تقسيم المناطق البيئية , فان المسطحات المائية تتميز الى ثلاث مجاميع اعتمادا على ما تحويه من الاملاح وهي :

1. **المياه البحرية Marine water**
2. **المياه المويلحة Brackish water**
3. **المياه العذبة Fresh water**

وتشمل المياه البحرية مجموعتين ثانويتين كذلك وهما :

1. **Euhalin** : ويقصد بها مياه البحار والمحيطات البعيدة عن تاثير مصبات الانهار وتتراوح الملوحة في هذه المياه بين 30–40 جزءا بالالف علما ان معظم مياه البحار ذات ملوحة تتراوح بين 33–37 جزءا بالالف وكمعدل عام 34.5 جزء بالالف ويلاحظ ان مجموع الاملاح في مياه البحر يصل الى 34.482 غم ملح في كل كيلو غرام ماء من البحر أي جزء بالالف (جدول 3–2) حيث ان المكونات الرئيسية لمياه البحر المذكورة في الجدول تحت ظروف درجة الحرارة والضغط الاعتياديين . وتكون نسب الايونات المختلفة ثابتة وقد يتغير مجموع هذه الاملاح فمثلا قد يصل الى 40 جزء بالالف في مياه البحر الاحمر واجزاء من البحر المتوسط لوجود التبخر العالي وقد تصل اكثر من ذلك في بعض اجزاء الخليج العربي حيث سجلت نسب ملوحة بمقدار مائة جزء بالالف عند سواحل الخليج العربي قرب قطر .

2. **Mixo-euhalin** : وتشمل هذه المياه البحرية التي تتاثر بمصبات الانهار لذا فان الملوحة تكون ± 30 جزء بالالف أي تقل او تزيد عن 30 جزء بالالف بسبب التاثير المذكور. ويمكن توضيح بعض الصفات الفيزياوية والكيمياوية لهذه المياه ومقارنتها مع مياه البحر أي المجموعة الاولى (جدول 3–3) .

الجدول رقم (3–2):المكونات اللاعضوية الاساسية لمياه البحر (Macan 1974).

المادة (شكل ايوانات)	التركيز (غرام لكل كيلو غرام)	النسبة المئوية (%)
ايون الكلوريد CI^-	18.980	55.04
الصوديوم Na^+	10.556	30.61
الكبريتات $So_4^=$	2.649	7.69

المغنسيوم Mg^{++}	1.272	3.69
الكالسيوم Ca^{++}	0.400	1.16
البوتاسيوم K^{+}	0.380	1.10
غيرها	0.345	0.72
	–	–
المجموع	34.482	100

الجدول رقم (3–3) : بعض الخواص الفيزياوية والكيمياوية لمياه من نوع Mixohaline ومياه البحر (Macan1974).

الملوحة (جزء بالالف)	الكثافة النوعية في درجة حرارة صفر مئوي مقارنة بالماء المقطر في 4 درجة مئوية	درجة الانجماد (درجة مئوية)	تركيز الايونات ميلليمول باللتر
5	1.0040	0.266–	79
10	1.0080	0.533–	156
15	1.0121	0.795–	233
20	1.0161	1.077–	317
25	1.0201	1.350–	396
30	1.0241	1.628–	477
35	1.0281	1.907–	559

اما المياه المويلحة فان ملوحة مياهها تتراوح من 0.5 –30 جزء بالالف حيث تتفاوت ملوحة المياه وفق التاثيرات المختلفة من المياه العذبة المتدفقة من مصادرها ويمكن تقسيمها الى ثلاث مجاميع ثانوية وهي :

1. **Polyhalin** : وهي المياه ذات الملوحة بين 18–30 جزء بالالف .
2. **Mesohalin** : وهي المياه ذات الملوحة بين 5–18 جزء بالالف وقسمها علماء البيئة البحرية الى مجموعتين فرعيتين هما :

أ . **Meiomesohalin** : والتي تتراوح ملوحة مياهها بين 5–10 جزء بالالف.

ب. **Pleiomesohalin** : والتي تتراوح ملوحة مياهها بين 10–18 جزء بالالف.

3. **Oligohalin** : وهي المياه ذات الملوحة بين 0.5–5 جزء بالالف وكما هو الحال في مصبات الانهار مثل مصب شط العرب في العراق . كما يمكن ان يلاحظ مثل هذا المدى من الملوحة في عدد من الانهار التي قد تتاثر باضافات من الملوحة من خلال جريانها بين الاراضي خاصة الزراعية منها وما تتاثر منها من بقايا الاسمدة المضافة وتسرب بعضها خلال مياه البزل الى النهر مباشرة .

اما المياه العذبة والتي تسمى كذلك Linnetic water (التي تشكل50/1 من مساحة اليابسة) فان الملوحة في مياهها تكون اقل من 0.5 جزء بالالف كما هو في معظم مياه الانهار في العالم خاصة في منابعها وفي الوطن العربي مثل انهار دجلة والفرات والنيل . وغالبا ما يعبر عن كمية الاملاح في المياه العذبة بجزء بالمليون او الميلغرام باللتر بدلا من الجزء بالالف وذلك لقلة كمية الاملاح فيها . والمياه اليسرة Soft water تحتوي على ملوحة اقل (0.065 جزء بالالف) في حين ان المياه العسرة Hard water تكون اكثر ملوحة (0.3 جزء بالالف).

ان التغيرات في مجموع كمية الاملاح في الماء التي تتراوح بين المياه المويلحة عند المصبات الى المياه المالحة في اعالي البحار تحدث حواجز واضحة في توزيع الاحياء المائية المختلفة. وتكون بعض الهائمات النباتية كمجاميع محددة الانتشار في المياه العذبة مثل مجموعة الداسميد Desmids كما ان جريان المياه المالحة الى المسطحات ذات المياه العذبة يحدث تاثيرات مضرة جدا على هذه الهائمات المتواجدة فيها.وتعد كمية الصوديوم في مياه البحر ذات اهمية كبيرة في هذا التاثير . وقد تستطيع بعض الاحياء البقاء على قيد الحياة والنمو في قيم متغيرة من الاملاح خاصة عند منطقة المصبات .

وتظهر بعض الهائمات النباتية التي تعيش في المصبات تغيرات واضحة في حجم الخلايا ويمكن الحصول عليها عندما تكون معرضة الى كميات قليلة من الملوحة (5 اجزاء بالالف) دون الاضرار بالفعاليات الحيوية لتلك الخلايا .

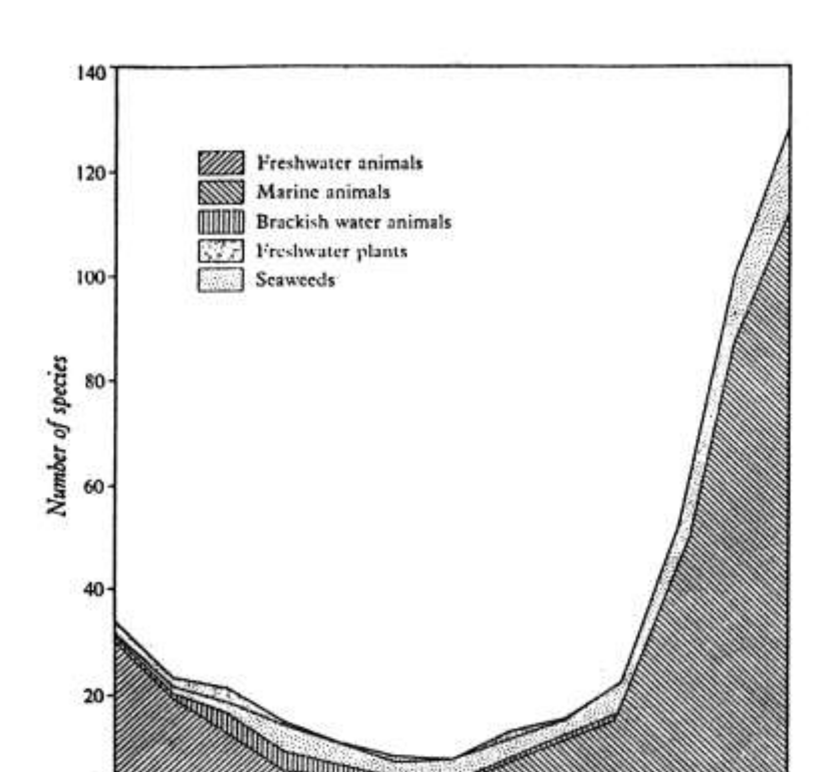
ولا تستطيع كل من الدايوتومات والداينوفلاجيلات الى الشد الازموزي (التي هي اصلا من بيئة غير ملحية) وتعاني الخلايا من ضرر كبير عند تعرضها بشكل مفاجىء الى المياه العذبة اذا كانت هذه الاحياء بحرية . حيث يحصل تمزق لاغشية الخلايا من

خلال البلزمة Plasmolysis التي تكون شديدة وسريعة عند نقل الهائمات النباتية (التي تعيش في مياه عذبة) الى مياه البحر .

وعند خلط المياه العذبة بالمياه البحرية وكما يحدث في منطقة مصبات الانهار فيلاحظ ان الانواع في كل منهما سوف تتعرض لحالة المزج في منطقة محدودة وهي منطقة الامتزاج. ولكن هذه الانواع يمكن ان ينفذ بعضها الى خارج منطقة الامتزاج وسوف تبقى بعضها وهو قليل من الانواع حية في هذه المنطقة الجديدة (شكل 3–13).

وانه ليس من السهولة فصل تاثير عامل الملوحة عن درجة الحرارة في موضوع توزيع الهائمات النباتية في المسطحات المائية . فالانواع المتواجدة في المحيط القطبي الجنوبي ستكون متطبعة على درجات الحرارة المنخفضة (– 1.8 الى 3.5 درجة مئوية) وملوحة تتراوح بين 32.6 – 34.5 جزء بالالف . وبهذا المدى المحدود لتحمل الحرارة والملوحة تدعى هذه الكائنات Stenothermal و Stenohalin . وفي بحار المناطق القاحلة Tropics التي تكون الحرارة فيها متغيرة ولكن الملوحة محدودة فان بعض الاحياء المائية تدعى Eurythermal و Stenohalin . اما التغيرات الموجودة لكل من الملوحة ودرجة الحرارة فخير مثال يلاحظ عند المصبات. والاحياء المائية عندئذ ستكون متطبعة على النوعين من الشد وتدعى Eurythermal و Euryhalin .

ان الاسماك التي تعيش في بيئات مختلفة الملوحة تكون لها القدرة على الحفاظ على بيئتها الداخلية وبمعنى اخر على سوائلها الجسمية بشكل ثابت في وجه التغيرات الكبيرة في الملوحة الخارجية ويتم ذلك باحداث بعض التغيرات الوظيفية والتركيبية في الجسم مثل كمية البول ودرجة نضوج جدار الخلايا الجسمية، وثخن جدار القناة الهضمية .



الشكل رقم (3−13) : يمثل المجاميع الحيوانية والنباتية عند مصب نهر التيس
(Macan Tees 1974)

وتعيش غالبية الاحياء البحرية في بيئة متعادلة (Iso-osmotic) حيث ان تركيز الاملاح في سوائلها الجسمية تعادل تركيزها في البيئة الخارجية لذلك فانها لا تفقد سوائلها او يضاف اليها الماء من البيئة الخارجية فيما عدا الاسماك العظمية فان تركيز الاملاح في سوائلها الجسمية يقل عن تركيزها في البيئة البحرية (Hypo-osmotic) ، لذلك فانها تواجه خطرا دائما من الجفاف حيث ان الماء يخرج من اجسامها باستمرار لذا فان الاسماك العظمية البحرية تشرب المياه بكثرة عن طريق القناة الهضمية وتكون كمية البول المفرزة قليلة جدا وذلك للتعويض عن الماء الذي تفقده بما يحقق التوازن المائي Osmoregulation في اجسامها .

اما اسماك المياه العذبة فانها تعيش في فيض من المياه. حيث ان تركيز الاملاح في اجسامها يزيد عن تراكيزها في المياه المحيطة بها في البيئة المائية (Hyper-osmotic) لذلك فان المياه تدخل الى اجسامها باستمرار وتتميز هذه الاسماك بان كمية البول التي تفرزها تكون كبيرة.

كما ان هرمونات الغدد النخامية تعمل على السيطرة على التوازن المائي في جسم الاسماك، حيث اوضحت الدراسات ان رفع هرمون البرولاكتين Prolactin الذي هو احد هرمونات الغدد النخامية في الاسماك العظمية يؤدي الى عدم قدرتها على تحمل تغيرات الملوحة .

وتعيش انواع من الاسماك جزء من ادوار حياتها في البحر والجزء الاخر في المياه العذبة. فالنوع *Salmo solar* يضع بيوضة في المياه العذبة وتعيش الصغار في الانهار لسنة وحتى ثلاث سنوات ثم بعدها تذهب الى البحر وتقضي سنة الى خمس سنوات حيث تتغذى وتنمو وبعد هذه المدة من الزمن ترجع مرة اخرى الى المياه العذبة لتضع بيوضها والتي يموت معظمها بعدئذ . وقد سجل احد انواع السرطان *Eriocheir sinensis* من الصين وجوده في نهر وايسر في عام 1912 ومنذ ذلك الوقت انتشر وجوده في بحر البلطيق والساحل الغربي لاوربا الى جنوب فرنسا . وتوضع البيوض في البحر او المياه المويلحة ثم تبدا بالهجرة التي قد تصل الى مسافة 700 كيلومتر والى نهر الالب وهي ما تقارب نصف المسافة عن المكان الذي تعيش فيه اصلا وهو الصين . وتاخذ مثل هذه الهجرات اوقاتا تصل في بعض الاحيان الى ثلاث او اربع سنوات ولكن بعض الحيوانات الناضجة ترجع بفعل التيار وقد تكمل الهجرة في عدة اشهر. وتعيش بعض الاسماك البالغة من نوع *Petromyzon fluviatilis* في المياه المويلحة وفي

الخريف تهاجر الى الانهار التي عندما تمتنع عن الاكل خلال الشتاء وفي الربيع تضع البيوض ثم تموت.

كما ان الاسماك الثعبانية من نوع *Auguilla anguilla* الذي يبدا حياته في البحر كيرقات صغيرة تقضي سنتين او ثلاث وتعتبر من الهائمات الحيوانية المثالية . وعند وصول يرقاتها الى الساحل وتلقي مياه عذبة فسوف تسبح وتصل الى بحيرة او بركة ما وتقضي فترة قد تصل الى 19 سنة وبعدها ترجع الى المحيط الاطلسي وبحر ساركاسو . ومن الصعوبة تفسير ميكانيكية هذا النوع من الانتقال من مكان او محيط الى اخر وقد يكون التيار احد العوامل المساعدة على الانتقال مثل ما قد يحدث في اسماك الايل الامريكية التي تقوم بسفرات لفترات قصيرة بين البحر والمياه العذبة .

وقد تخترق بعض الحيوانات من البحر الى المنطقة الممتزجة مع المياه العذبة وذلك لان أنسجتها تستطيع ان تستمر في الفعاليات الحيوية في سوائل جسمها التي يقل تركيزها في ذلك الوسط . وقسم آخر من الاحياء المائية تستطيع ان تحافظ على تركيز سوائل اجسامها وذلك من خلال الاخذ أو الامتصاص النشط Active transport للاملاح من الوسط أو من اليورين.

ان تطبع الاحياء المائية من المياه العذبة الى المياه المويلحة يتضمن تحمل انسجتها الى تغير سائل الجسم والقابلية الى التخلص من الايونات غير المطلوبة . وتعيش القشريات التي تعود الى جنس *Artemia* في مياه ذات تركيز أعلى من مياه البحر فأنها تتناول المياه من الوسط وتمتص من ايونات الصوديوم والكلور والتي بعدئذ تطرح من جسمها ويكون تحملها للتركيز الملحي في الخارج أسهل في درجة حرارة معينة .

وقد تتعرض بعض المسحات المائية كالاهوار الى زيادة في درجة ملوحتها كالاهوار التي تبلغ ملوحتها جزء واحد بالألف خلال فصل الربيع فقد تصل الى (17.5) جزء بالالف بفعل تأثيرها بظاهرة المد Tide . وقد شوهد عدد من الخنافس المائية التي تعيش في مثل هذه المسطحات رغم التغيير الكبير في الملوحة ورغم كونها تعيش في مياه عذبة سابقا.

ويتاثر نشاط وسرعة تطور الاحياء المائية بالتغيرات التي تحصل بسبب الملوحة حيث وجد في المحار من نوع *Ostraea virginicia* بان سرعة تطوره ونشاطه تقل في الملوحة القليلة وتحد من انتشاره وكانت النتائج في مديات من درجة بين 18-21.5 درجة

مئوية وكما يلي :

الملوحة (جزء بالالف)	التأثير
35-25	**النمو اعتيادي**
23-21	**النمو اعتيادي لكنه بطئ**
19.3	**النمو بطئ وتحصل بعض الوفيات**
17.5	**موت بعض البيوض ، وبعض اليرقات استطاعت العيش في مرحلة تكون القشرة الخارجية**
15.8	**التطوربطئ جدا ، وعدد قليل جداً من اليرقات وصلت الى مرحلة تكون القشرة الخارجية**

وعلى الرغم من كون المناطق الممتزجة بين المياه العذبة والمياه المالحة ذات اهمية عند علماء الفسلجة لكنها تبقى كذلك مهمة من وجهة نظر بيئية وتاثيرها على انتشار الاحياء المائية . فالنوع *Gammarus duebeni* من القشريات يمكن ان يتحمل الوسط بين المياه العذبة والمياه المالحة الى حد (50) جزء بالالف . ففي هذه الملوحة وبدرجة حرارة اعلى من (20) درجة مؤية يتأثر نموه بشكل ملحوظ وبالتالي تقل قابليته على الانتشار . وعند درجة حرارة (22) درجة مؤية يكون نموه محدوداً جداً. لذا فان كلاً من عاملي الملوحة ودرجة الحرارة يؤثران في انتشار هذا النوع ونموه خاصة عند المصبات الضحلة التي عندها تتغير درجات الحرارة.

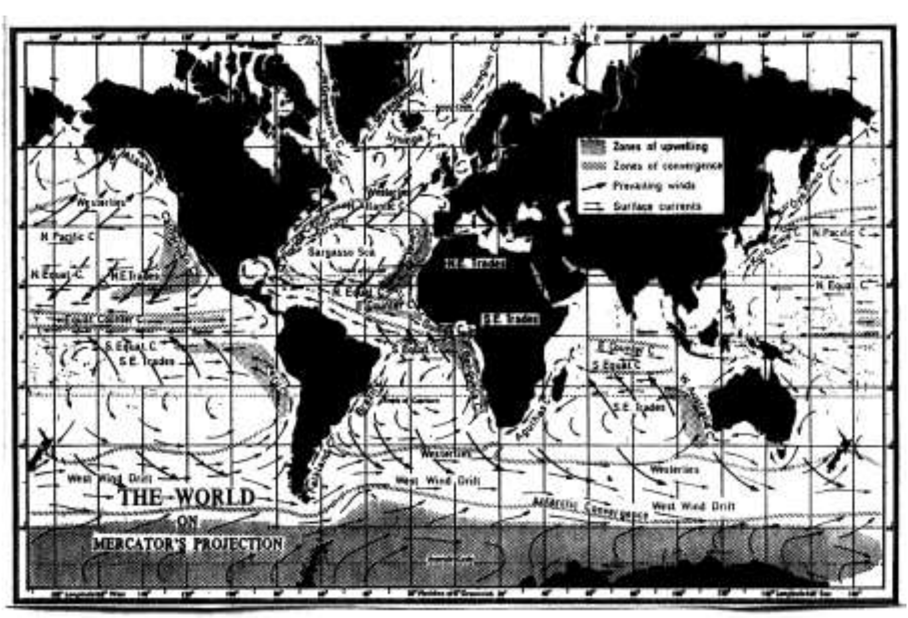
ومن الطحالب التي يمكن تواجدها في المنطقة الممتزجة بين المياه العذبة والمياه البحرية هو الطحلب البحري *Enteromorpha intenstinalis* الذي وجد في حدود المياه المويلحة اذ يتحمل قليلاً من الملوحة . كما ان هناك نباتات اخرى تعد من نباتات

المياه العذبة التي تتحمل كذلك بعض درجات الملوحة القليلة مثل نبات القصب *Phragmites australis* و *Callitriche platycarpa* و *Juncus communis* .

رابعاً: حركة المياه Water movement

كما هو معروف فان حركة المياه تتباين تبايناً واسعاً في سرعتها في المسطحات المائية. وعلى سبيل المثال تتحرك التيارات السطحية في المحيطات غالباً في سرعة اقل من (30) كيلو متر باليوم الشكل (3−14). وقد تم تسجيل اسرع تيار رئيسي في اتجاه الشمال على طول الساحل الافريقي الشرقي خلال الرياح الموسمية الجنوبية الغربية وكان بحدود (60) كيلو متر في اليوم . ويكون تأثير حركة المياه من خلال ماتحدثه الحركة من تأثير في مكونات القاع ونقل المواد المغذية واستقرارية المجمعات النباتية وما يؤثر في تركيبة الاحياء المائية الاخرى في عمود الماء .

عندما تكون سرعة المياه عالية جداً ستؤدي الى التراكم الفيزياوي لجزيئات الرمل على الاحياء الجالسة Benthic والى تقصلات متكررة في اعضاء التغذية والتي تؤدي الى تثبيط النمو . ان هذا التأثير له اهمية في مرحلة الاستقرار حيث ان اليرقات التي تسبح بطلاقة عليها ان تلتصق على السطح المطلوب لفترة كافية لحدوث ادوار الاستحالة. كما يأتي ضرر اضافي من فعل النفايات من جزيئات الرمل من خلال حجمها وتأثيرها في تكسير قشور اليرقات الرقيقة واتلاف محتوياتها.



الشكل (3–14) : الرياح السائدة والتيارات السطحية الرئيسة في المحيطات مبيناً فيها مناطق الانبعاث القاعي ومناطق الالتقاء (بعد Tait 1972).

كما ان قسماً من الحيوانات تعيش بين صخور أو على الكساء الخضري حيث التيار قليل الشدة . وتختلف اعداد الحيوانات حسب السرعة المناسبة في التيار المائي ، حيث تتأثر عند قلة أو زيادة هذه السرعة . وتختلف هذه التأثيرات بأختلاف الانواع . وبصورة عامة يعتمد هذا التوزيع على توفر المواد المغذية في الوسط المائي . ولا يوجد تأثير مباشر من التيار والا اذكان القاع غير مستقر والذي عنده لانستطيع الحيوانات ان تتحاشى هذا التأثير حيث انتشارها.

وتتغلب الطحالب الملتصقة Benthic algae في الجداول والانهار ذات سرعة تيار كبير. وعندما تكون سرعة التيار قليلة فان ذلك سيؤدي الى ازدياد التنوع Diversity في انواع الطحالب في المجاميع الطحلبية المختلفة (جدول 3–4). اما التيارات العالية التي تحدث قرب السواحل والتي تؤدي في ظاهرة الانبعاث القاعي Upwelling في المياه البحرية فان ذلك سيؤدي الى رفع المواد المغذية من القاع كالنتروجين والفوسفور . وتتراوح انتاجية الهائمات النباتية في المناطق التي يحدث فيها ظاهرة الانبعاث القاعي عدا مناطق الجرف القاري Continental shelf بحوالي 400–600 غرام في المتر المربع في السنة. ونفس هذه القيم موجودة في مناطق من الجرف القاري ولكن عندما يحدث الانبعاث القاعي في سواحل مناطق الجرف القاري فعندئذ تصل الانتاجية الى 1000غرام بالمتر المربع بالسنة او اكثر من ذلك. وهذا مايؤكد بان وجود المواد المغذية تدعم انتاجية الاحياء المائية التي مصدرها من خلال المياه المتحركة عند حدوث الانبعاث القاعي .

وتختار الانواع التي تعتمد على التيار لتجهيزها بالغذاء سرعة تيار معينة . كما تحتاج بعض الحيوانات تياراً اسرع من حد معين لتجهيزها بكل ما تحتاجه من غاز الاوكسجين . وكما هو معروف فان الاوكسجين يزداد عند حركة الماء او التيارات السريعة مع الاخذ بتظر الاعتبار درجة الحرارة حيث تتناسب عكسياً مع كمية الاوكسجين المذاب . ويلاحظ في الجدول (3–5) تواجد بعض انواع الحيوانات في سرعة التيار المناسبة .

واعتماداً على حركة المياه يمكن ان تقسم المسطحات المائية الى بيئتين هما :

1. بيئة المسطحات المائية المتحركة Lotic environment

وكما هو الحال في الجداول والانهار والتي تجهز مياهها من مياه الامطار الساقطة او ذوبان الثلوج وتصب مياهها في البحار .

2. بيئة المسطحات المائية المستقرة نسبياً Lentic environment

وتضم مياه البحيرات والاهوار والبرك.

وعند مقارنة بين البيئتين اعلاه . يمكن التوصل الى عدة صفات متباينة بينهما وهي كما يأتي:

1. ان الجداول والانهار ذات حركة باتجاه واحد يتحرك به كل عمود الماء. وفي الانهار الطويلة كنهر النيل والفرات ودجلة والمسيسيبي فانها تتعرض الى اكثر من منطقة مناخية .
2. هناك اختلافات في سرعة التيار مع تغير في حجم المياه .
3. وجود مدى واسع في تغيرات مستوى الماء في الجداول والانهار .
4. تكون الجداول والانهار ذات عمق اقل من البحيرات .
5. تمر المياه في قنوات ضيقة نسبيا عدا بعض الشواذ في بعض الانهار حيث تكون واسعة احيانا وتعرف حينها بالبحيرات النهرية River lakes .

الجدول رقم (3–4) : التوزيع العام للمجاميع النباتية في الجداول والانهار بالعلاقة مع سرعة التيار (Wetzel 1975)

الاشكال المتغلبة	نوع المجمع	السرعة (متر بالثانية)
اللمتصقة على الرواسب **eplpellc** وعلى النباتات **epiphytic** مثل: **Nitzschia** و ***Navicula* , *Bulbochaete* , *Caloneis* , *Eunotio* , Synedra *Tabellaria* و *Oedogonium* , *Oscilatoria***	الطحالب اللمتصقة	اقل من 0.2–1
الملتصقة على الصخور ***epilithic*** مثل : ***Achnanthes* , *Meridion* . *Ceratoneis* , *Diatoma* ,**	الطحالب الملتصقة	اكثر من 1
مغطاة البذور **Angiosperms** مثل : ***Callitriche,* *Elodea, Hippuris, Sium* و*Potamogeton*** والطحلب الكبير ***Chara***	النباتات الكبيرة **Macrophytes**	0.2–1
بعض مغطاة البذور مثل: ***Sparganium*, , *Ranunculus Apium* ,*Oenanthe*** والنباتات الواطئة, ***Fontinalis Hildenbrandia*, *Cladophora***	النباتات الكبيرة	0.5–2
الدايوتومات الوحيدة الخلية الصغيرة ، والطحالب الخضراء المزرقة في الانهار الغنية والبطيئة الحركة	الهائمات النباتية **Phytoplankton**	0.5–1
Chrysomonads ,Volvocales .	الهائمات النباتية	اكثر من 1

6. تتغير الخواص الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية تدريجياً مع اقتدار مجرى النهر المائي وفي اتجاه معين .

7. تكون الزيادة في اطوال الانهار وعرضها وعمقها ذات علاقة بتقدم عمرها .
8. تنقل المواد وتحمل باتجاه جريان النهر الى الاسفل (المصب) مع عدم وجود فرصة لرجوع هذه المواد الى الاعلى (المنبع).
9. غياب الركود الطويل في الانهار.
10. الاعتماد الكبير على المواد المغذية القادمة من الاراضي الغريبة والمحاذية لامتداد النهر.

الجدول رقم (3-5): العلاقة بين سرعة التيار وتواجد بعض الانواع التابعة للمجاميع الحيوانية . وتمثل الارقام سرعة التيار بالسنتمتر لكل ثانية . (Brown 1971).

النوع	السرعة التي عندها يتواجد النوع في الطبيعة الدنيا	 العليا	السرعة العليا التي تعاكس النوع الصاعد	السرعة التي تجرف النوع
***Agrion* sp . من الحشرات (Odonata)**		**10**	**54**	**77**
Polycelis Felina* من الديدان المسطحة (*Turbellaria)		**10**	**44**	**99**
***Dondrocoelum lacteum* (*Turbellaria*)من الديدان المسطحة**		**10**	**37**	**76**
***Glossiphonia complanata* (Hurudinea)**		**10**	**37**	**240**
***Planaria alpina* من الديدان المسطحة (Turbellarla)**	**10**	**14**	**140**	**143**
***Limnaea pereger* (*Mollasca*) من الرخويات**	**10**	**14**	**117**	**202**
***Ancylastrum fluviatile* من الرخويات (Mollasca)**	**10**	**24**	**109**	**240**
***Heptagenia lateralis* Ephemeropteraمن الحشرات**		**28**	**140**	**188**
***Gammarus pulex* من القشريات (Crustacea)**	**10**	**40**	**44**	**99**
***Theodoxus fluviaritis* من الرخويات (Mollusca)**	**10**	**78**	**109**	**240**
***Simulium ornaum* من الحشرات (Dlptera)**	**14**	**114**	**117**	**240**
***Rhyocaphila* sp.**		**125**	**100**	**200**

من الحشرات (Trichoptera)				

11. تعتبر الجداول والانهار نظاماً مفتوحاً في حين تكون البحيرات والبرك ذات نظام مغلق ولو انها تحصل على أو تفقد من مياهها .
12. تستخدم المواد المغذية في البحيرات مرات عديدة في حين في النهر فان أي موقع يكون الاستخدام فيه بوساطة الاحياء المائية بشكل موقت .

وتشمل حركة الماء كل من تكون الامواج والتيارات وجميع الحركات التي تحدث للماء في البحار والمحيطات والانهار والبحيرات وغيرها وهذه الحركات تضم كذلك حركة المد والجزر والدوران وتبادل كتل الماء العمودي والافقي . أما القوى المسببة لهذه الانواع من حركة الماء فتكمن في اختلاف مراحل ظهور القمر والطقس والريح ودوران الكرة الارضية والجاذبية الارضية والاشعاع الشمسي .

ولحركة الماء أهمية عظمى كعامل بيئي لاتقل عن اهمية كل من الحرارة والضوء على سبيل المثال . فبدون حركة الماء سوف تتأثر الحياة بشكل كبير . ولحركة الماء الدور المهم في مزج الكتل لمائية بعضها مع البعض الآخر الامر الذي ينتج عنه مزج غاز الاوكسجين الذي يذوب في الطبقات العليا ويبقى في المياه السطحية لفترة طويلة في حالة توقف حركة الماء . كما ان الفعاليات الحيوية والتغذية ودورات الحياة لكثير من الاحياء المائية وتحلل المواد العضوية وتفسخها تتأثر كثيراً بهذه الحركة .

كما ان حركة الماء من الامور الهامة في تأثيرها على مادة القاع للمياه الداخلية خاصة Inland water . فعندما تكون حركة الماء شديدة فانها سوف تحمل معها الجزيئات الدقيقة الى مكان إلى آخر في حين تبقى الصخور والاحجار الكبيرة . وعندما تكون الحركة في سرعة واطئة فسوف تترسب المواد العالقة خاصة حبيبات الطين والرمل وتستقر على القاع . لذا سوف يسهل انبات بعض النباتات المائية ذات الجذور المثبتة في القاع .ومن المتوقع تغير تركيب القاع الفيزياوي والكيمياوي من جراء هذه الترسبات ونمو النباتات أو جذورها والحيوانات المختلفة وحسب شدة حركة الماء . لذا يعتبر كل من التيار ومواصفات القاع ذات ارتباط وثيق في التاثير على توزيع الاحياء المائية ومن الصعوبة الفصل بين تاثير احدهما عن الاخر ويمكن توضيح العلاقة بين التيار ومواصفات جزيئات القاع في الجدول (3−6).

ان حركة الماء في الانهار والجداول تؤدي الى توفر الاوكسجين بكميات جيدة فضلا عن ان درجة حرارة الماء تكون ذات اختلافات اقل مع درجة حرارة الهواء ويعتبر

التيار من العوامل الرئيسة والمحددة لتواجد الاحياء المائية ونموها في الانهار والجداول وتتحدد سرعة التيار بعدد من العوامل من أهمها:

1. الانحدار في التدرج السطحي
2. خشونة القعر
3. عمق القعر وعرضه
4. اتجاه الرياح وسرعتها

الجدول (3–6) : العلاقة بين التيار ومواصفات جزئيات القاع (Nielson 1950)

سرعة التيار (سنتمتر بالثانية)	قطر الجزئيات المتحركة (مليمتر)	تقسيم الجزيئات
10	0.2	طين
25	1.3	رمل
50	5.0	حصو صغير الحجم
65	11	حصو متوسط الحجم
100	20	حصو كبير الحجم
150	45	صخر صغير الحجم
200	80	صخر كبير الحجم
300	180	صخور كبيرة مثل الجلمود

خامساً : المواد والغازات الذائبة

لاوجود للماء النقي Pure water في الطبيعة فهناك دائماً وجود مواد وغازات مختلفة ذائبة فيه. وتأتي مثل هذه المواد او الغازات من مصادر مختلفة كالتربة المجاورة أو الهواء أو من الفعاليات الحيوية للاحياء المائية . كما تحمل مياه الامطار ولو بشكل قليل كميات متفاوتة من المواد الذائبة فضلاً من كونها مشبعة بالغازات من الهواء تحت الضغط الجوي.

وللمياه الطبيعية مستويات مختلفة من تراكيز الاملاح وهي ذات مديات واسعة. فالامطار عادة تكون مياه قليلة الملوحة ومياه البحيرات المالحة تكون مشبعة بالاملاح

وعلى سواحلها يمكن ملاحظة غطاء من طبقة من البلورات الملحية وكذلك البحار والمحيطات ذات الملوحة العالية كما ثم ذكره سابقاً . وعلى هذا الاساس تلاحظ الاحياء المائية متفاوتة في المعيشة في هذه البيئات المختلفة .

ان أعلى تركيز للاملاح في المياه الطبيعية تتمثل في مياه البحار والمحيطات الذي يترواح بين 30 –40 جزء بالالف. وفي التراكيز التي تزيد عن هذا المدى كما هو الحال في بعض المناطق او البرك القريبة من سواحل البحار والمحيطات ، فان الاحياء المائية ستجد صعوبة في الاحتفاظ بموازنتها الازمورية Osmoregulation مع المحيط والتي ستؤدي حتما الى تقليص في عدد الانواع . ووجد من خلال بعض التجارب بان عدد الانواع التي تعيش في المياه ذات المحتوى الملحي بحدود 30 جزء يالالف كان (64) نوعاً من الحيوانات قد تقلص الى (38)نوعاً في المياه ذات المحتوى الملحي بين 30–100 جزء بالالف والى (12) نوعا في المحتوى الملحي بين 100–160 جزء بالالف ونوع واحد فقط ولو باعداد كبيرة في المياه ذات المحتوى الملحي 160–200 جزء بالالف.

ويحتوي مجموع المواد الصلبة الذائبة Total Dissolved Solids (TDS) الموجودة في المياه العذبة على عدد من الاملاح كالكاربونات والكبريتات والكلوريدات لعناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم وحامض السيلسيك وكميات قليلة من المركبات النايتروجنية والفوسفاتية . فضلاً عن مركبات الحديد والمنغنيز قد تصل الى كميات مؤثرة تحت ظروف خاصة وكذلك بعض المواد العضوية الذائبة .كما تحوي المياه اضافة الى ماتقدم على الغازات التي تكون في حالة تعادل مع الجو عند احتكاكها بالهواء .. وتوجد في المياه بعض المعادن الاخرى التي تعد من العناصر النادرة Trace بالنسبة الى كمياتها القليلة جداً حيث يصعب قياسها في الطرق الكيمياوية الاعتيادية . علماًبان بعض من هذه العناصر النادرة ذات اهمية كبيرة بل انها تعد ضرورية لاستمرار حياة الاحياء المائية، خاصة في تغذية النباتات وتدعى بالعناصر الغذائية النزرة Micronutrieuts كالموليبديوم والنحاس والبورون والزنك والمنغنيز والكلور.

وهناك عناصر اخرى ضرورية في نمو الطحالب كعنصر السليكون الضروري في تكوين القشرة الخارجية والجدار الخلوي لمجموعة الدايوتومات. وكذلك عنصر الكوبلت لبكتريا تثبيت النتروجين . كما ان الحيوانات تحتاج الى عناصر ضرورية اخرى كاليود والصوديوم الفلور.

وتعد الكلوريدات من الاملاح الاكثر تواجداً في البحار والمحيطات في حين تكون الكاربونات هي الاكثر تواجداً في المياه العذبة . وتكون الكاربونات في معظم الحالات على هيئة بايكربونات الكالسيوم . وتصل نسبة الكاربونات الى مجموع الاملاح الكلي في عدد من البحيرات الى 90% تقريباً. لذا جرت العادة في تسمية كمية الكربونات في المياه بالعسرة الكاربونية . وتختلف العسرة الكاربونية عن العسرة الكلية والتي هي مجموع كمية القلويات الارضية الموجودة دون الرجوع او الاعتماد على ايونات سالبة معينة . فالعسرة الكلية تشمل ايضاً الكبريتات وكلوريدات الكالسيوم والمغنسيوم وتمثل القلويات الارضية اساساً الكلوريدات والكبريتات وتدعى بالعسرة الدائمة التي لاتتكسر بالغليان.

وتكون البايكربونات في معظم المياه الطبيعية الداخلية هي الايونات المتغلبة وجوداً والمرتبطة بالكالسيوم اساساً وبعضها مع المغنسيوم ولو بنسبة اقل وكذلك مع الصوديوم والبوتاسيوم . ونكون الكبريتات والكلوريدات هي المتغلبة تحت ظروف جيولوجية معينة كوجود الجبس والاملاح الاخرى . ونتيجة لتبخر الماء فانه يؤدي الى تركيز اكبر للاملاح وبعض هذه الاملاح تكون بلورات مثل كاربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم خاصة مايحدث في البحيرات المالحة وعلى سواحلها.

ويمكن تمييز ثلاثة انواع من المياه المالحة نسبة الى ماتحتويه من املاح وهي:

1. **المياه الكلوريدية:** ويكون كلوريد الصوديوم هو الملح المتغلب .
2. **المياه الكبريتية:** وتكون كبريتات الصوديوم وكبريتات المغنيسيوم هي المتغلبة .
3. **المياه الكاربونية:** وتكون كاربونات الصوديوم وكاربونات البوتاسيوم هي المتغلبة .

ومن اهم الغازات الذائبة في البيئة المائية هي النتروجين والاوكسجين وثنائي اوكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والتي تلعب دوراً هاماً في الصفات الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية كتلك المياه .وتختلف هذه الغازات بعضها عن البعض الآخر في سلوكها . فالغازات الثلاثة الاولى من الغازات الجوية التي تختلط في المياه . في حين يتكون غاز كبريتيد الهيدروجين نتيجة التحولات الكيمياوية لانشطة البكتريا ويستعمل كأحد الادلة في تلوث المياه.

وتشكل الغازات في المياه البحرية النسبة المئوية المعروفة في ادناه قياساً الى الحجم في الجو عند سطح البحر :

النتروجين 77 %

الاوكسجين 20.6%

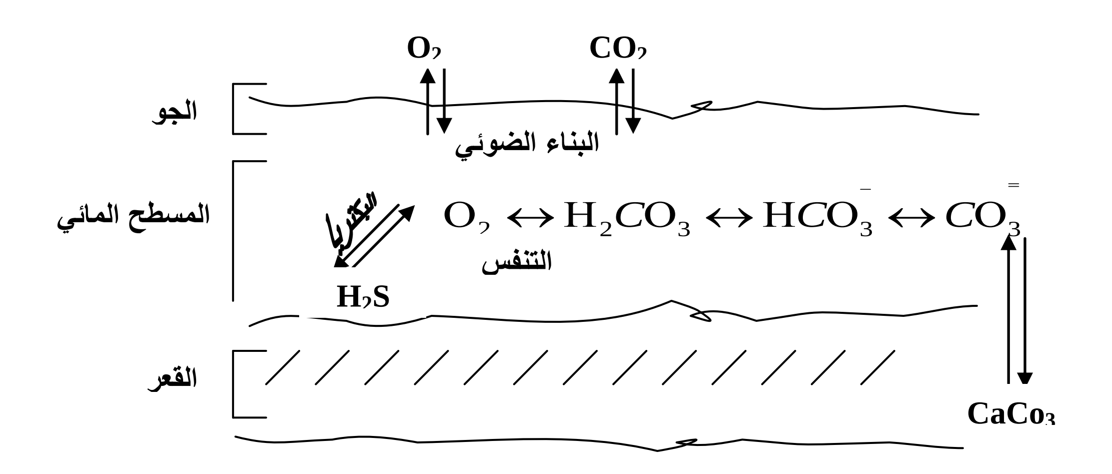
بخار الماء 1.47%

الاكورن 0.9%

ثنائي اوكسيد الكربون 0.03 وتؤكد العديد من الدراسات ارتفاع هذه النسبة الى0.44% او اكثر بسبب زيادة الأنشطة البشرية المختلفة

الغازات النادرة 0.0024%

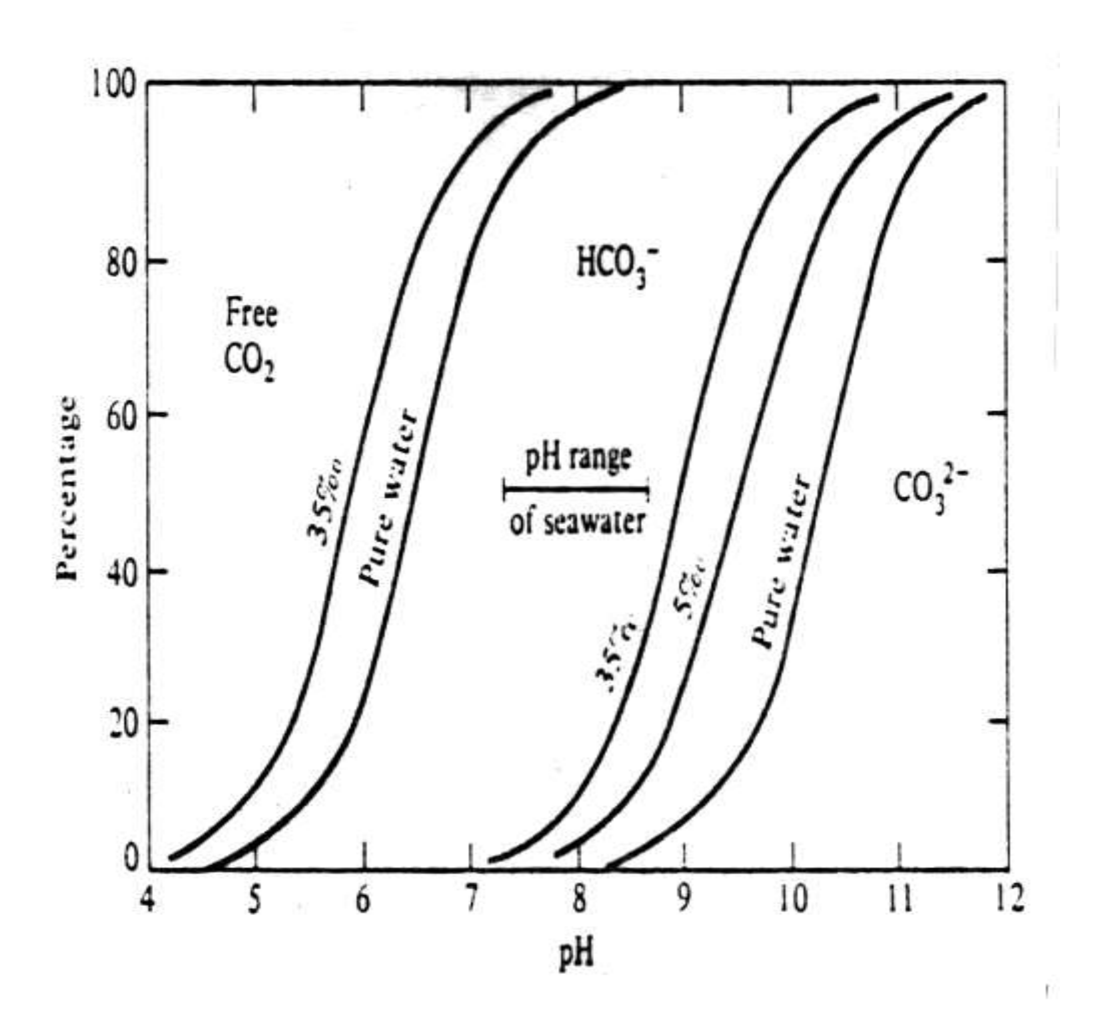
يوضح المخطط أدناه العلاقة بين بعض الغازات المرتبطة بالتفاعلات الكيموحيوية للأحياء المائية:



ويكون غاز ثنائي اوكسيد الكربون المذاب في المياه على هيئة بايكربونات كمادة متفاعلة في عملية البناء الضوئي في النباتات الخضراء بضمنها الهائمات النباتية والتي احد نواتجها غاز الاوكسجين الذي هو الآخر احد المواد المتفاعلة في عملية التنفس في جميع الاحياء المائية ومصدره هو الآخر الجو اساساً. وينتج غاز ثنائي اوكسيد الكربون

مرة اخرى من خلال عملية التنفس للاحياء المائية . كما ينتج غاز كبريتيد الهايدروجين من جزء عمليات التفسخ والتحلل البكتيري اساساً وخاصة عندما يكون تجهيز الاوكسجين محدوداً نتيجة لوجود كميات كبيرة من المادة العضوية او تحت الظروف اللاهوائية فان البكتريا تستخدم الاوكسجين الموحود ضمن ايون الكبريتات لاكسدة المواد العضوية وتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين كماان كاربونات الكالسيوم تترسب في مقر ذلك المسطح المائي .

وفي المياه الطبيعية يوجد ثلاثة مصادر لغاز ثنائي اوكسيد الكربون التي تتاثر بدرجة تركيز الهيدروجين pH كما موضح في الشكل (3−15).



الشكل (3-15) : التوزيع النسبي للاشكال المختلفة من الكربون اللاعضوي في المياه البحري بدلالة الاس الهيدروجيني وفي ثلاثة مستويات من الملوحة .

وتتضح مدى علاقة تركيز ايون الهيدروجين (الحامضية) وكمية كاربونات الكالسيوم (القاعدية). كما يبين الشكل العلاقة بين المصادر الثلاثة لثنائي اوكسيد الكربون في المياه وهي:

1. ثنائي اوكسيد الكربون الطليق Free carbon dioxide
2. البايكربونات Bicarbonates
3. الكاربونات Carbonates

كما يبين الشكل علاقة هذه المصادر مع درجة تركيز الهيدروجين في مياه البحار (35 جزء بالالف ملوحة) والمياه الصافية (النقية) Pure water ويلاحظ ان غاز ثنائي اوكسيد الكربون الطليق موجودا فقط في درجة تركيز الهيدروجين pH4 واقل من ذلك . وفي درجة تركيز الهيدروجين pH7. 5 يصل تركيز البايكربونات الحد الاعلى له وفي القيم الاعلى لتركيز الهيدروجين تستبدل البايكربونات بأيونات الكاربونات وبصورة عامة في حالة زيادة البايكربونات فسوف يتكون محلول كربونات الكالسيوم وعند زيادة الكربونات فسوف يبدأ الترسيب على هيئة كربونات الكالسيوم . ويوضح الجدول (3-7) تراكيز الغازات الاساسية في الجو. كما يوضح الجدول (3-8) القيم المشبعة للغازات الجوية في المياه العذبة ومياه البحر.

الجدول رقم (3-7) : تراكيز الغازات الاساسية في الجو ، مختزلة الى جو صاف ذات 1013 ميلليبار والصفر مئوي . (Kalle 1972)

الغازات	سنتمتر مكعب باللتر	الحجم %
النتروجين	780.9	78.09
الاوكسجين	209.5	20.95
الاركون	9.3	0.93

ثاني اوكسيد الكربون	0.3	0.03
المجموع	1000	100

الجدول رقم (3–8) : تراكيز الغازات الجوية في المياه العذبة والبحرية (Kalle 1972)

الغازات	المياه العذبة (الملوحة = صفر)				مياه البحر (الملوحة = 35 جزء بالالف)			
	صفر مئوي		30 درجة مئوية		صفر مئوي		30 درجة مئوية	
	سنتمتر باللتر	الحجم %	سنتمتر باللتر	الحجم %	سنتمتر باللتر	الحجم %	سنتمتر باللتر	الحجم %
النتروجين	18.10	61.4	10.98	63.8	14.04	61.2	9.08	65.1
الاوكسجين	10.29	35.0	5.57	33.2	8.04	35.1	4.50	32.2
الاركون	0.54	1.8	0.30	1.8	0.41	1.8	0.21	1.5
ثنائي اوكسيد الكاربون	0.52	1.8	0.20	1.2	0.44	1.9	0.18	1.2
المجموع	29.45	100	17.05	100	22.93	100	13.97	100

ويلاحظ نسبة الاوكسجين الى النتروجين هي 4:1 تقريباً في الجو في حين تكون 2:1 تقريباً في مياه البحر . كما ان كمية ثنائي أوكسيد الكربون تكون 0.03% في الجو وتتضاعف عن 40–60 مرة في المياه البحرية لذا فان الغازات المهمة بايولوجياً يكون ذوبانها أكثر في البحار مما يجعل كميتها اكثر مماهو في الجو.

سادساً : الضغط Pressure

ان الاحياء المائية المتواجدة تحت سطح البحر تكون معرضة لتأثير ضغط عمود الماء . كما ان التغيرات في قيم الضغط طبقاُ الى الهجرة العمودية أو التواجد في أعماق مختلفة سوف يؤثر في العمليات الحيوية المختلفة تأثيرات متفاوتة . لذا يعد الضغط من احد العوامل البيئية المؤثرة خاصة في البيئة البحرية بسبب زيادة عمق المياه . ولاتزال المعلومات عن تأثيرات الضغط في الاحياء المائية محدودة.

وقد سمي العلم الذي يهتم في دراسة تأثيرات الضغط في الاحياء المائية بعلم البارابايولوجي Barabiology . وسميت الاحياء المائية التي تستطيع العيش بصورة جيدة عند ضغط بين 400–500 ضغط جوي بالاحياء المحبة للضغط Baraphilic في حين سميت الاحياء المائية التي لاتستطيع العيش أو تعيش بصورة غير جيدة في ضغط بين 300–400 ضغط جوي بالاحياء كارهة الضغط Baraphobic . وقد لوحظ بان البكتريا من الاحياء التي تتحمل مدى واسع من الضغط. ومنذ عام 1884 عندما بدء الاهتمام من قبل عدد من العلماء بالتجارب الاولية عن تاثير الضغط العالي على الحياة حين تم اكتشاف الاحياء المائية في اعماق كبيرة في المحيطات كانت هذه الدراسات تشير الى ان الضغط لايزيد عن مدى بين 600–1000 ضغط جوي . ثم اظهرت الدراسات اللاحقة بان الضغط بين 1–600 ضغط جوي هو الاكثر اهمية من الناحية البيئية المؤثرة في الاحياء بصورة واضحة وسريعة.

وتوصلت الدراسات الى ان زيادة الضغط قد تؤدي الى تثبيط او اسراع عمليات بايولوجية معينة مع الاخذ بنظر الاعتبار الاختلافات في درجة الحرارة . حيث هناك علاقة تضاد بين استجابات الاحياء المائية الى زيادة في الضغط ودرجة الحرارة في كل المستويات من التنظيم الحياتي سواء في المستوى الجزيئي أو الخلوي او حتى الافراد . كما ان الضغط يؤثر في النظام الحيوي الذي يتأثر هو الاخر بعوامل بيئية اخرى خاصة درجة تركيز الهيدروجين والملوحة والتركيب الايوني والغازات الذائبة.

وسوف يؤثر التغير المعنوي في الضغط على عدد من صفات الانظمة السائلة التي سوف تؤثر في استجابات الكائن الحي . كما انه ليس بالامكان تحديد هذا التأثير بصورة متكاملة .ومن الصعوبة بمكان ان نحدد التاثير الاولي والثانوي للضغط حيث ان الضغط يتأثر بالتغيرات في درجة تركيز الهيدروجين والغازات الذائبة والكثافة واللزوجة والتوصيل الكهربائي والحالة الايونية والمواد الاخرى وتغيرات الحجم والتفاعلات الكيمياوية الاساسية . لذا فان لهذه الاسباب في تحليل الاهمية البئيية للاستجابة للتغيرات في الضغط تتطلب اعتبارات لكل الامور التي يكون الكائن الحي معرضاً لها .

ومن خلال الدراسات التي تمت في تبيان علاقة الضغط بدرجة الحرارة ودرجة تركيز الهيدروجين والملوحة فقد وجد بان تأثير الضغط قد يبدو اكثر وضوحاً بوجود

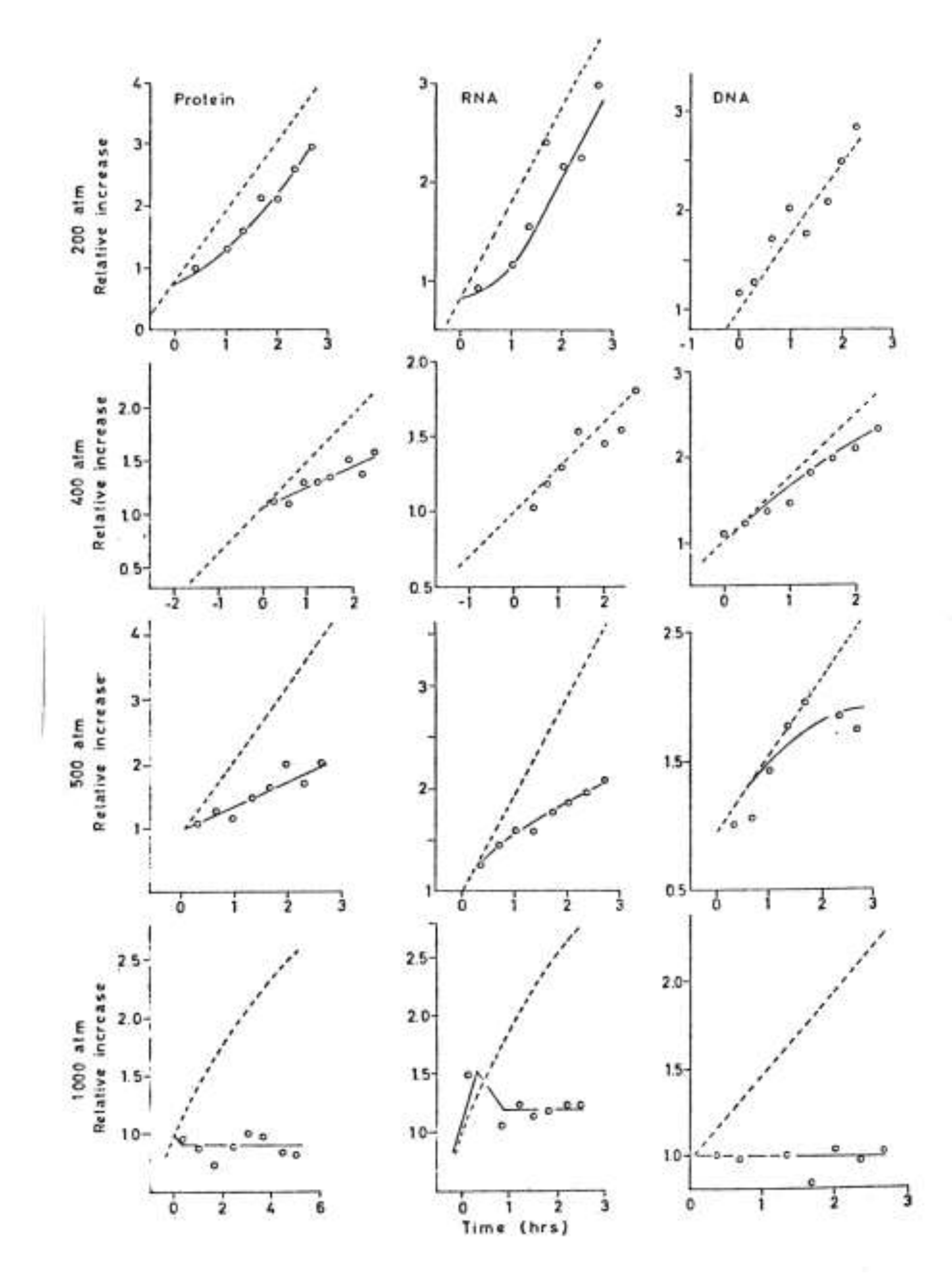
الملوحة غير المرغوبة لذلك الكائن الحي. ويعتقد بان زيادة الضغط قد تتداخل مع خواص الانتقائية النفاذية للاغشية الخلوية Selective permeability .

وبصورة عامة، تميل الزيادة في الضغط الى التأثير على عدد من الفعاليات الايضية النشطة اكثر من الاقل نشاطا أو في حالة ركود . وعلى سبيل المثال تكون الخلايا المنشطرة اكثر حساسية الى الزيادة في الضغط من تلك الخلايا غير المنشطرة أي ليست في دور الانقسام. كما تميل الاحياء المائية ذوات الفعاليات الايضية العالية الى التأثير اكثر بالضغط من تلك التي تظهر اقل كفاءة في فعاليتها الحيوية . وقد وجد بان هناك بعض الادلة تشير الى ان الغدد والنسيج العصبي يكون اكثر تأثراً بزيادة الضغط من الانسجة الاخرى .

ويؤثر الضغط في المستويات الجزيئية والانزيمية للاحياء المائية كما تشير بعض الدراسات . وفي احدى التجارب ثم قياس ثاثير الضغط وبمستويات مختلفة تتراوح 300-100 ضغط جوي وفي درجة حرارة 15 درجة مؤية وذلك في سرعة تكوين البروتين والحوامض النووية رنا RNA و دنا DNA في البكتريا البحرية *Vibrio marinus* والتي تم عزلها من المياه في 3.24 درجة مؤية وعلى عمق 1200 متر قرب سواحل اوريكن في الولايات المتحدة الأمريكية . وعند 1000 ضغط جوي لوحظ ان تكوين البروتين والحامض النووي دنا DNA قد تعرقل تمامًا وكذلك الحامض النووي رنا RNA لكن بعد فترة من الزمن (الشكل 3-16) .

ويتضح بان الضغط بين 400-500 ضغط جوي يقلل من سرعة تكوين البروتين من خلال تقليله لسرعة تكوين الاحماض النووية رنا ودنا . أما عند ضغط 300 ضغط جوي فان تكوين البروتين والحامض النووي رنا انخفض في الساعة الاولى ثم بدأ بالازدياد . وتشابه الحالة في المعاملة تحت ضغط جوي واحد (المقارنة *Control*) بينما لم يتأثر تكوين الحامض النووي دنا علماً ان مثل هذه التجارب هي الفترات قصيرة من الزمن. كما انه من الصعوبة تطبيقها عل الطبيعة حيث بقاء الاحياء المائية لفترات طويلة تحت ضغط معين وظروف وعوامل بيئية مختلفة ومتغيرة. وكما ان درجة الحرارة التي تعمل بها هذه التجارب عالية وغالباً ماتكون اكثر من 15 درجة مئوية في حين ان معدل درجة حرارة وللكتل المائية في الاعماق لكافة المحيطات هو 3.8 درجة مئوية تقريباً وحتى عند

خط الاستواء فان معدل درجة الحرارة لعمود الماء الكلي هو 4.9درجة مئوية تقريباً . لذا فان دراسة تاثير الضغط لفترات طويلة من الزمن مع الاخذ بنظر الاعتبار العوامل الاخرى خاصة درجة الحرارة سوف تعطي الصورة الاكثر تكاملاً عن ذلك التأثير .



الشكل رقم (3–16) : تأثيرات الضغط على المعدلات النسبية لتكوين البروتين والحوامض النووية DNA,RNA في البكتريا البحرية *Vibrio marinus*. MP –4 في 15 درجة مئوية . الخطوط المتقطعة تعني السيطرة تحت ضغط جوي واحد . (Kinne 1972) .

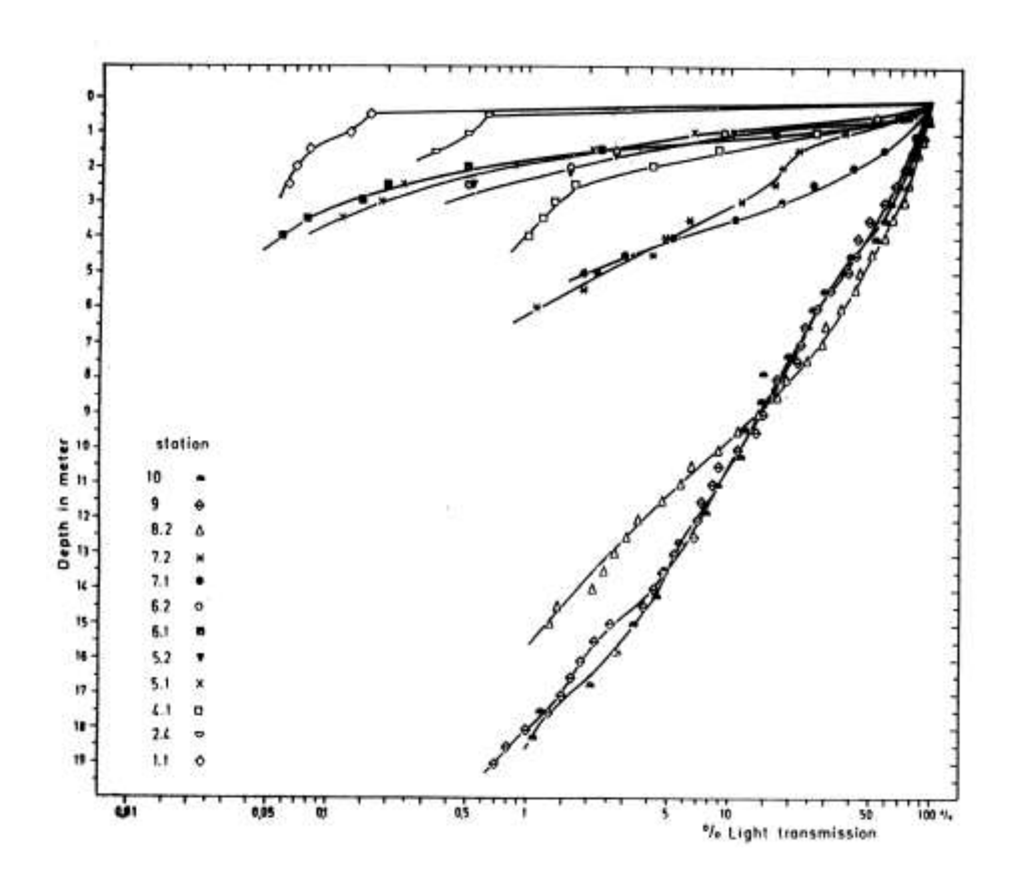
سابعاً : الكدرة Turbidity

تشمل الكدرة جميع المواد غير الذائبة في المياه التي تعيق نفاذية الضوء وتخلله في عمود الماء. ويؤثر كل من تركيز حبيبات المواد العالقة وحجمها في مقدار درجة الكدرة . وتقل الكدرة عادة في المياه الراكدة نسبياً كما هو الحال في البحيرات والبرك والاهوار والتي يمكن رؤية القعر بسهولة لعمق قد يمتد لاكثر من ثلاثة امتار . في حين تكثر الكدرة في المياه الجارية نتيجة حركة الترسبات مع تيار المياه كما هو الحال في الانهار وقد تصل نفاذية الضوء في مثل هذه المياه الى عمق المتر الواحد وأحياناًالى اقل من ذلك بكثير وبحدود بضعة سنتيمترات (الشكل رقم 3−17). ويلاحظ من الشكل نفاذية الضوء لعمود الماء عند منطقة مصب شط العرب في جنوب العراق وتزداد النفاذية باتجاه الخليج العربي بعد زوال وركود الترسبات التي يحملها المصب .

كما ان نفاذية الضوء قد تصل الى (25) متراً في مناطق مختلفة مثل خليج البنغال في الهند والساحل الاطلسي في الولايات المتحدة الامريكية وتصل النفاذية الى اكثر من تلك الاعماق بكثير في المحيطات المختلفة .

وللكدرة علاقة واضحة مع عدد من العوامل البيئية كالضوء فيلاحظ ان الكدرة العالية سوف تحدد من نفاذية الضوء كما هومعروف كما ان عمق الطبقة الضوئية المنتجة Productive photic zone التي تؤثر في توزيع الطحالب وتواجدها تزداد بقلة الكدرة . وتزداد الكدرة بتواجد الاحياء المائية كالبكتريا والفطريات والطحالب فضلاً عن الشوائب المختلفة الاخرى من المواد غير الذائبة كالطمى والغرين وغيرها .

وتؤثر الكدرة في نمو النباتات المائية من خلال تاثيرها في تقليل تخلل الضوء المطلوب كمصدر للطاقة في عملية البناء الضوئي . فضلاً عن الالتصاق المباشر بين الحبيبات الطافية والمواد العالقة على سطح النباتات بضمنها الطحالب مما يعيق نموها . كما ان عدداً من الدراسات تؤكد تأثير الكدرة والمواد العالقة الصلبة في نمو الاسماك وغذائها حيث ان 200 جزء بالمليون وأكثر من المواد العالقة تسبب ضرراً لخياشم الاسماك . وتسبب التراكيز العالية عرقلة النشاط الغذائي لها. وفي مصبات الانهار قد تصل الكدرة الى حدود عالية (بين200−5000 جزء بالمليون) والتي تؤثر سلباُ في تواجد بعض انواع الاسماك واحياء مائية اخرى .



الشكل رقم (3–17) : يمثل نفاذية الضوء عند مصب شط العرب ولمحات مختلفة . تمثل المحطات 1–4 مصب شط العرب و4–7 في مياه الخليج العربي المتأثرة بصفات مياه شط العرب و8–10 في مياه الخليج العربي بعيدة التأثر من مياه شط العرب . (Al- Saadi et al . 1975)

ثامناً : طبيعة القاع

ان لطبيعة القاع اهمية كبيرة في تواجد الاحياء المائية وتوزيعها وانتشارها لاي مسطح مائي . وتتأثر طبيعة القيعان على عدة عوامل ومن اهمها :

1. سرعة التيار عند القعر
2. عمق المسطح المائي

3. التركيب والخواص الجيوغرافية والجيولوجية للساحل بما يشمل عدة امور مثل وجود الصخور وتكوينها ، والطبيعة الرملية للمسطح المائي وخواص مصب النهر القريب والتركيب الكيمياوي للمواد الساحلية .
4. انواع المادة العالقة في عمود الماء بضمنها الاحياء السطحية.
5. جماعات الاحياء القاعية Benthic organisms

كما تلعب حجم الحبيات او الترسبات الموجودة في المياه دوراً هاماً في تكوين طبيعة القاع، وقد يشترك اكثر من نوع من هذه الحبيبات في ذلك . ويمكن تقسيم حجم هذه الحبيبات حسب اقطارها الى الانواع التالية :

نوع الحبيبات	اكبر قطر للحبيبة (مليمتر)	سرعة الترسيب في الماء عند 20 درجة مئوية (سنتمتر / ثانية)
رمل خشن Coarse sand	2	347
رمل ناعم Find sand	0.2	3.47
غرين Silt	0.02	0.0347
طين Clay	0.0002	0.000347

ولقاع المسطح المائي اهمية في تجهيز ظروف ملائمة لحياة الحيوانات. وقد يكون هذا الغذاء عبارة عن مواد عضوية غاطسة او بقايا للاحياء المائية الميتة وهكذا . ويجهز هذا الغذاء في بعض المناطق جماعات كبيرة .وتغطي معظم مناطق القاع ترسبات ناعمة لتكون مخبا امناً لالتصاق الاحياء المائية او اعطاء الحماية لاحياء مائية التي تختبأ في شقوق الصخور او تلجا لها وقد تقوم بعض الاحياء المائية في حفر القاع عندما يكون قاعا رمليا او هشا كنوع من الحماية او التغذي .

وعند مقارنة القاع بظروف السطح بظروف السطح في البيئة المائية فانه يلاحظ بان هناك اختلافات واسعة في مكان المعيشة فالمياه السطحية لا تختلف كثيرا من منطقة الى اخرى، في حين ان القاع تختلف من مكان لاخر وبذلك تختلف جماعات الاحياء القاعية Benthic populations وتكون اكثر تنوعا من جماعات الاحياء السطحية .Pelagic populations

باستثناء الاعماق الضحلة جدا، فان درجة الحرارة والملوحة وشدة الاضاءة وحركة الماء عند القعر اقل اختلافا مما هو عليه في الطبقات السطحية وتكون التغيرات الفصلية في الاعماق اكثر من 500 متر محدودة ويمكن اهمالها. وكلما اتجهنا الى الاعماق كلما كانت الظروف والعوامل المذكورة اعلاه اكثر ثباتا.

ويكون قعر البحار مغطاة بالمواد الرسوبية عادة باستثناء الحالة التي يكون فيها تيار المياه عند القعر شديدا، مما يجعل هذه الحبيبات تنجرف ويمنع تجمعها. او عندما يكون التدرج في سطح القعر كبيرا مما يصعب استقرار الحبيبات في مكانها .

ومن العوامل الهيدروغرافية Hydrographical factors الرئيسة التي تؤثر في تواجد الاحياء المائية هي :

1. درجة الحرارة للمياه .
2. التركيب الكيمياوي للمياه .
3. حركة المياه .
4. الضغط .
5. شدة الاضاءة .

وتتغير هذه العوامل بشكل اقل عند القعر اذا ما قورنت عند السواحل او المياه الضحلة او في المياه عند الطبقات السطحية العليا .

وتكون كل من درجة الحرارة والملوحة متماثلة في عمود الماء وللاعماق السحيقة. ويعد الضغط الهايدروستاتيكي العامل الرئيسي في قاع البحار العميقة Hydrostatic pressure. وتعد الكدرة عاملا اخر خاصة لبعض الاحياء القاعية الحساسة جدا لها. وتكون كمية المواد العالقة في المياه القريبة من القعر اكثر مقارنة مع تلك التي عند السطح. وفي المياه الضحلة تقوم هذه المواد بحجب الضوء مما يؤثر في توزيع النباتات القاعية (الطحالب القاعية Benthic algae). وتؤثر الكدرة العالية في الحيوانات ايضا من خلال تاثيرها واعاقتها جهاز التغذية او القنوات التنفسية كما يحدث في خياشم الاسماك على سبيل المثال .

لذا فان التعرف على طبيعة القاع وانواع الترسبات فيه سيعطي فكرة عن انواع الاحياء القاعية ونموها وتكاثرها وتتاثر جماعات الاحياء القاعية بسرعة التيار عند القعر من خلال تاثير ذلك في حجم الحبيبات وترسبها فضلا عن تواجد الاوكسجين والمحتوى

العضوي بالاضافة الى تاثيره في انتشار اليرقات السطحية. لذا يلعب التيار عند القعر دورا هاما في نقل الحبيبات الغذائية وانتشارها بدلا من تركيزها في مكان واحد .

وتعد طبيعة المواد القاعية من العوامل الاساسية في تحديد الاحياء القاعية وانتشارها في القعر او المسطحات المائية بصورة عامة .وعندما يكون القعر صخريا او محتويا على احجار كبيرة فان الجماعات تكون بشكل رئيسي من الاحياء التي تعيش على سطح القاع حيوانية ونباتية Epifauna and Epiflora. وتشمل الجماعات الحيوانية غالبا على القشريات الجالسة والاسفنجيات والديدان الشريطية ونجم البحر وبعض الرخويات والقشريات الكبيرة مثل السرطان البحري .وفي المياه الضحلة عندما تصل قاعها الاضاءة الكامنة يلاحظ نمو الطحالب التي تلتصق بالصخور Epilithic او بالاحجار الكبيرة وبشكل كثيف .

وتنمو اشكال مختلفة ومتنوعة من الجماعات على القعر الصخري عادة وذلك بسبب عدم انتظام سطح الصخور الذي يؤدي الى فروقات واسعة كمكان للمعيشة وما يعقبها من اختلافات وتاثيرات في حركة المياه وتجهيز الغذاء والاضاءة ودرجة الحرارة .ولا يدعم القعر الصخري حياة الاحياء التي تكمن او تقيم عليه وتكون الاحياء اللاجئة متواجدة في التجمعات الغرينية في شقوق الصخور .

وتتواجد بعض الحيوانات التي لها القابلية على الحفر في الصخور مثل الرخويات ذوات الصدفتين كالانواع التابعة للاجناس *Pholas* و *Hiatella* و *Lithophaga* وبعض الحلقيات مثل *Dodecacena* و *Polydora* والاسفنجيات مثل *Cliona* وبعض القشريات وقنفذ البحر . وتتواجد انواع الطحالب الحمراء Rhodophyta في بعض المناطق التي تتواجد فيها الصخور الكلسية .

وفي حالة القعر الرسوبي فانه معظم الاحياء المائية المتواجدة هي تلك التي تستطيع العيش في الترسبات القاعية وبشكل عام تكون الظروف اكثر انتظاما والجماعات اكثر تجانسا من تلك التي تعيش على القعر الصخري. ويتواجد في القعر الرسوبي عدد من الحيوانات كالشقائق البحرية الحفارة وبعض الرخويات وقنفذيات الجلد والقشريات وبعض الاسماك التي تقوم بالحفر بصورة جيدة في الترسبات .ويعتبر حجم الحبيبات في الترسبات عاملا مهما في تنظيم وتوزيع الحيوانات بسبب طبيعة الحفر المختلفة لتلك الاحياء. وتقوم الحيوانات بالحفر بوساطة الضغط او تسليط القوة او الدك على الترسبات ودفع الحبيبات جانبا او تناولها كغذاء .وغالبا ما تستخدم كلا الطريقتين .وتكون الحبيبات

الكبيرة بالطبع اكثر صعوبة من الصغيرة في معالجتها من قبل الحيوانات التي تواجه صعوبة ميكانيكية بالحفر والتي تعد احد الاسباب التي تكون فيها الترسبات ذوات الحبيبات الكبيرة اقل كثافة للجماعات من تلك ذوات الحبيبات الصغيرة .

وبالرغم من ان الفروقات في الجماعات ليس لها علاقة غالبا بالاختلافات في حجم الحبيبات للترسبات القاعية لكن هناك عوامل اخرى يجب اعتبارها .ويعتمد تدرج الترسبات على سرعة التيار عند القعر والتي بدورها تسيطر او تؤثر في عوامل اخرى. وتسمح حركة الماء البطيئة استقرارا للمادة العضوية مما يجعل نسجة القاع اكثر نعومة وغنية في المحتوى العضوي .اما غياب الحركة هذه او بطؤها الشديد سيؤدي الى تقليل كمية الاوكسجين في طبقات التحسطحية للقعر وكذلك تركيز عال للكبريتيد Sulphide (s^{-2}) وغالبا ما تؤدي هذه الظروف الى تكون جماعات كبيرة تحت المياه الضحلة بسبب توفر الغذاء وجاهزيته للاحياء المائية التي تتغذى على السطح او تهضم المادة العضوية من الترسبات وعلى الحيوانات توفير الامكانية على النمو بكفاءة مع الغرين وفي وسط ينعدم فيه الاوكسجين .وعندما يتحرك الماء عند القعر بسرعة اكثر سيعطي فرصة اقل لاستقرار الغذاء والمادة العضوية ولكنه يوفر ظرف افضل لوجود الاوكسجين .وهذا التجهيز القليل من الغذاء سوف يؤدي الى تكون جماعات صغيرة .وقد تتداخل عدة عوامل في هذه الحالة التي تؤدي الى تحديد وجود انواع معينة من الاحياء في القعر .كما انه هناك ارتباطا وثيقا بين طبيعة القاع والمواد المتواجدة في عمود الماء وهذا التداخل يتوضح من خلال عدة امور اهمها :

1. التداخل السطحي بين الهواء والماء : حيث تعيش بعض الاحياء عند السطح .فعلى سبيل المثال تزحف بعض النواعم قرب السطح مثل النوع *Janthina prolongata* وكذلك بعض الحشرات التي تتنفس الهواء مثل الانواع التابعة للجنس *Halobates* وتستخدم السطح المائي مكانا لها .

2. المواد الطافية : وتجهز المواد الطافية في المسطحات المائية غذاء لبعض الاحياء المائية كالبكتريا والفطريات والطحالب الخضر المزرقة كما ان المواد الطافية ذوات الحجم الكبير كاوراق النباتات الساقطة تكون ايضا غذاء لعدد من الاحياء المائية الصغيرة من الحيوانات .

3. المواد الصلبة : ويقصد بالمواد الصلبة كالصخور والكونكريت والطابوق والحديد والخشب والمطاط ومواد اخرى من المخلفات للمواد الهندسية او الصناعية التي يمكن اعتبارها مواردا يقطنها عدد من الاحياء المائية كمادة ساندة او مادة غذائية او مكانا لوضع بيضها وغيرها من الاستعمالات المختلفة .وفي المناطق المتجمدة يمكن اعتبار الجليد احد هذه الموارد .

4. الاحياء المائية : ان بعض الاحياء المائية يمكن ان تكون غذاء لاحياء مائية اخرى وكما هو الحال في السلسلة الغذائية والهرم الغذائي في البيئة المائية حيث تنتقل الطاقة من مستوى اغتذائي Trophical level الى مستوى اخر وتكون النباتات الخضراء القاعدة الغذائية الاساسية في أي هرم بيئي التي تكون غذائيا للحيوانات (المستهلكات) وهذه غذاء لحيوانات اخرى وهكذا .

5. الترسبات : وتشمل هذه الترسبات الحبيبات اللاعضوية والعضوية .والاولى ذات اختلافات كبيرة في الحجم والشكل والاصل كالمعادن وبقايا صدف بعض الحيوانات والترسبات السلكونية على سطح الجدران الخلوية لبعض الطحالب كالدايوتومات وكذلك الهياكل العظمية وغيرها .اما الحبيبات العضوية التي تختلف في احجامها وتركيبها واصلها ايضا كالبقايا الخشبية والانسحة النباتية الاخرى وبقايا الكائنات الميتة وغيرها.

ومما تقدم يلاحظ بان طبيعة المواد المتواجدة في عمود الماء سوف تؤثر بدون شك على طبيعة القاع بشكل مباشر او غير مباشر ومن ثم تؤثر في نوعية الاحياء المائية وانتشارها .

تاسعا : المواد العضوية Organic materials

للتعرف على المواد العضوية في البيئة المائية تاخذ العوامل المؤثرة في نمو الاحياء المائية وتوزيعها لابد من معرفة مصدرها وخواصها واهميتها للاحياء المائية وتركيبها الكيمياوي .

مصدر المواد العضوية :

ان اهم مصادر المواد العضوية هي :

أ- ما تطرحه الاحياء المائية او تفرزه كبعض الاحماض العضوية والمركبات المتعددة السكريات والمتعددة الببتايدات والفيتامينات التي تطرح من قبل الطحالب وبقية الاحياء

المائية . واكدت بعض الدراسات بان بعض انواع من الهائمات النباتية تطرح حامض الكلايكوليك على سبيل المثال .

ب- المواد العضوية المتحللة من الكائنات الميتة

جـ- نتيجة التلوث الذي يحدث للمسطحات المائية من خلال الانشطة المختلفة للانسان كمخلفات المنازل وبقايا الغذاء ومخلفات الصناعات الغذائية المختلفة .

د- براز الطيور حيث تهاجر اسراب كبيرة من الطيور عابرة مسطحات مائية متعددة وخلالها تطرح فضلاتها في تلك المسطحات .

خواص المواد العضوية :

وتشمل ما يلي :

أ. تعد المواد العضوية من المواد الغذائية للاحياء المائية عدا النباتات الخضراء التي تستطيع ان تصنع موادها العضوية ذاتيا Autotrophs من خلال ما تقوم به في عملية البناء الضوئي .

ب. تعمل قسما من المواد العضوية كمركبات كلابية Chelating agents .

جـ. وللبعض منها تاثيرات سلبية على حياة بعض الاحياء حيث قسم منها كمواد سامة.

التركيب الكيمياوي

تعد معظم المواد العضوية المتواجدة في المسطحات المائية الطبيعية الى المجاميع الرئيسية التالية :

أ. الكاربوهيدرات .

ب. البروتينات ومشتقاتها كالحوامض الامينية والببتايدات .

جـ. احماض اليفاتك. وكابوكسيلك والهايدروكابوكسيلك .

د. احماض الهيوميك Humic acids.

هـ. المركبات الفينولية .

و. الهايدروكاربونات Hydrocarbons او الكرابين المهدرجة .

وتقاس كمية الكربون المذاب الموجود في المركبات العضوية في المياه بالميلغرامات كربون في اللتر. وتقدر كمية المواد العضوية الذائبة في مياه المحيطات تقدر بحوالي 6.75×10^{12} طن علماً بان مياه المحيطات تقدر بحوالي 1.37×10^{9} كيلو متر مكعب .

عاشرا : ألاشعاع المتاين Ionized radiation

تتعرض البيئة المائية الى اشعاعات متعددة ومن مصادر مختلفة ويعتبر الاشعاع المتاين احد هذه المصادر .وهو يحتوي على جزيئات ذات طاقة عالية كما في اشعاع الفوتون في كل من التفاعلات النووية الطبيعية منها والاصطناعية . ويحدث الناتج الايوني للمواد الحية من ذلك الاشعاع التغيرات في التركيب الذري للمواد في الخلية وقد تنتج تاثيرات بايولوجية.وتكون هذه التاثيرات بصورة عامة من جراء امتصاص كميات معينة من الاشعاع المتاين كفيلة باحداث ضررا للعمليات الحيوية .

خواصه الفيزياوية :

يحتوي الاشعاع المتاين على الموجات الالكترومغناطيسية من اشعة الفاواكس من حبيبات سريعة الحركة التي تحتوي حبيبات الفاوالديترون والنيوترون والبروتون والميسون والالكترونات (حبيبات بيتا) والبوستيرون والنيتوترنيون .وهي خواص للتحولات والتفاعلات النووية للطاقة مع المادة وتنشا من مصادر فضائية او من الذرات غير المستقرة للمواد المشعة الطبيعية او الاصطناعية في البيئة المائية (مياه البحر او مواد القاع) وفي الكائنات الحية نفسها .

وتختلف انواع الاشعاع المتاين في خواص الكتلة والشحنة وغيرها وفي قابليتها في النفاذ والمرور الى المادة الحية ولانتاج التفاعلات المتأينة .وتمثل اشعتا الفا واكس الموجات الالكترومغناطيسية ذات النفاذية العالية وقد تؤثر في وظائف الخلايا الداخلية للكائن الحي .

تاثيره البايولوجي

تشمل الاستجابات البايولوجية للاشعاع كل من التغيرات الوظيفية والتركيبية للكائن الحي في حالة كونه وحيد الخلية او متعدد الخلايا . وفي الاحياء المتعددة الخلايا تكون التفاعلات بين الخلايا هي المسؤولة في اظهار التاثيرات على ذلك الكائن الحي. ويؤثر الاشعاع بصورة رئيسة في الجزيئات المركبة للمكونات الوظيفية والتركيبية للخلايا. وتشمل التاثيرات الاولية للاشعاع المتاين التغيرات في التراكيب الذرية او في الشحنات لجزئيات المادة الحية والتي تغير ربط الطاقة وتحدث التقسيم والتحطيم الجزئي. وتتفاعل الاجزاء المشحونة مع الذرات والجزئيات القريبة وبذلك تكون جزيئات جديدة. وقد تحدث التفاعلات الكيمياوية للاجزاء غير المشحونة للجزيئات الاصلية .

هذا ويكون التاثير عند امتصاص الاشعاع المتاين مباشرا او غير مباشرا ،ولما كانت المادة الحية المتعرضة للاشعاع تحتوي على الماء بشكل رئيسي فيكون التاثير المباشر من خلال التغيرات في الاواصر التي ترتبط بين ذرات الهيدروجين والاوكسجين .واحداث نواتج نشطة جدا مثل ثنائي اوكسيد الهيدروجين (HO_2) وبايروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وهذه النواتج القوية يمكن ان تكسر الجزيئات البروتينية المعقدة جدا وبذلك تؤثر في عمل الانزيمات ونفاذية الخلايا وغيرها .

وتتفاوت تراكيز النظائر المشعة المتواجدة في البيئة المائية وكذلك في انصاف حياتها سواء كان ذلك في النظائر الطبيعية او المنتجة صناعيا(الجدولين رقم 3−9 و3−10) وتتواجد تراكيز متفاوتة من هذه النظائر في انسجة الحيوانات وبذلك عموما تكون كميات هذه النظائر المشعة في الانسجة الحيوانية اكثر مما هو عليه في المياه .

وقد يكون تاثير الاشعاع المتاين في البكتريا والفطريات والطحالب الخضر المزرقة على الفعاليات الحيوية كالتنفس وفعل الانزيمات ونفاذية الخلية .وتعد الطحالب ذات مقاومة اكثر للتاثير من الاشعاع الايوني اذا ما قورنت مع النباتات العليا والحيوانات حيث ان عدد من الوظائف الفسلجية للطحالب اكثر تحملا للاشعاع مثل الانقسام الخلوي وعملية البناء الضوئي .

وقد اجريت العديد من التجارب المختبرية على عدد من الحيوانات كالاسماك واللافقريات (النواعم والقشريات) عن التراكيز المؤثرة للاشعاع المتاين .وقد توصلت هذه التجارب الى ان التراكيز الموجودة في المياه الطبيعية هي تراكيز غير مؤثرة في هذه الحيوانات حيث وجد بان التراكيز المؤثرة في هذه التجارب تفوق التراكيز الموجودة في المياه الطبيعية كما تشير التجارب بان الاحياء البحرية تظهر فروقات واضحة في الاستجابة والتاثير بالاشعاع المتاين تبعا للعلاقات التصنيفية والبيئية .وتظهر اللافقريات الواطئة اكثر تحملا من اللافقريات العليا والاسماك .

الجدول (3−9) : بعض النظائر المشعة الاساسية الموجودة في المحيطات ذوات النصف الحياة الطويل(Chipman 1972)

النظائر المشعة	نصف الحياة (سنة)	معدل التركيز المقدر في مياه المحيطات
الثوريوم −232	1.42×10^{10}	اقل من 0.0022

الثوريوم – 230	8×10^{4}	اقل من 0.0549
اليورانيوم –235	7.13×10^{8}	0.045
اليورانيوم –238	4.5×10^{9}	1.0
الراديوم –226	1.622×10^{3}	0.098
الرابديوم – 87	4.7×10^{10}	2.62
البوتاسيوم –40	1.25×10^{9}	277

الجدول رقم (3–10) : تراكيز بعض النظائر المشعة في المياه السطحية للمحيطات المنتجة طبيعيا وصناعيا (Chipman 1972)

النظائر المشعة	نصف الحياة (سنة)	التركيز المقدر في مياه السطحية للمحيطات
الاشعة الكونية المنتجة طبيعيا		
كربون –14	5570	0.138–0.092
التريتيوم	12.26	4.89–0.685
المنتجة صناعيا		
كربون –14	5570	0.0014
البروميثيوم–147	2.8	0.028–0.002
السيريوم –144	0.78	0.08–0.003
السيريوم –137	28	0.12–0.049
السيريوم –90	28	1.0–0.086
التريتيوم	12.26	9.8–0.98

المجموعة الثانية : العوامل الاحيائية

ويقصد بالعوامل الاحيائية تلك التي تضم جميع الاحياء المائية التي تؤثر في البيئة المائية وتتأثر بها ويكون هذا التاثير بين الافراد التي تعود الى نوع واحد او بين الافراد التي تعود الى أنواع مختلفة . والأحياء المائية التي تعود الى نوع واحد يطلق عليها بالمجموعة Group أو الجماعة Populationوهي التي تشغل حيزا معلوما في زمن معين وتمتلك خصائص معينة قابلة للقياس مثل معدل الولادات ومعدل الهلاكات وشكل النمو والكثافة والانتشار والقدرة على الزيادة. وتمتاز بها الجماعة ككل ولكن ليس من

الضروري ان يمتلك كل فرد منها جميع هذه الخصائص. فضلا عن ذلك فانها تمتلك بعض الخصائص الوراثية التي ترتبط بصورة مباشرة بالمحيط الذي تعيش فيه كالتكيف والبقاء وغيرهما .ويعتمد تاثير كافة الخصائص التي ورد ذكرها على طبيعة المحيط .ويدعى العامل الذي يسيطر او يؤثر في الجماعة من خلال عدم توافقه مع متطلبات النوع بالعامل المحدد Limiting factor. ويستند مبدا العامل المحدد على امرين، الأول يربط بين الكائن الحي واحتياجاته من المواد الموجودة في محيطه لأغراض الايض والنمو والثاني يتعلق بالمقاومة التي يبديها الكائن الحي لظروف وعوامل المحيط .

عندما تعيش أعداد من المجموعات Groupsاو الجماعات Populations سوية في مكان واحد فانه يطلق على ذلك بالمجمع او المجتمع Community.فقد يقال مجمع البركة او مجمع النهر او مجمع المستنقع أو مجمع البحيرة أو مجمع المصب او مجمع الجرف القاري وهكذا .ويقصد هنا في المجمع بأنه يشمل جميع الأحياء المائية التي تعيش في هذه الأماكن من نباتات وحيوانات وفطريات وبكتريا وهكذا .فالمجمع اذن هو عبارة عن تجمع طبيعي من الاحياء الذي وصل هو مع محيطه الذي يعيش فيه الى مستوى من العيش مستقل عن التجمعات الاخرى المجاورة ويضم كافة الانواع من الاحياء التي تعيش تحت تاثير عوامل بيئية محددة .

لذا فان المجمع قد يتكون من عدد قليل او محدود من الافراد التي تنتمي الى انواع متقاربة بيئيا وقد يتكون من مجموعات كبيرة تنتمي الى انواع متعددة .فالبركة الصغيرة باحيائها يمكن ان تشكل مجمعا بالرغم من انها وقتية .كما يمكن القول بان كافة احياء المحيط التي تشمل احياء المناطق الساحلية واحياء الاعماق السحيقة والهائمات تشكل جميعها ايضا مجمعا .

كما انه هناك مجمعات رئيسية واخرى ثانوية فالرئيسة تطلق مثلا على مجمعات المحيط او المصب او البحيرة وهكذا . في حين يلاحظ مجمعات ثانوية داخل كل مجمع رئيسي فمثلا قاع البركة او قاع البحيرة او قاع المحيط تكون حاوية على ما يعرف بالمجمع القاعي Benthic community الذي يتكون من الاحياء القاعية كما انه لكل منطقة ساحلية في البحيرة او البحر او مجمعها الخاص بها والفرق الاساسي بين المجمع الرئيسي والمجمع الثانوي هو ان الاول يشمل تلك المجمعات التي تكون ذوات حجم وتنظيم كامل بحيث يمكنها الاعتماد على نفسها بصورة كلية دون الاستعانة بالمجمعات

الاخرى المجاورة، ومثل هذه المجمعات تقتصر حاجتها من الخارج على الطاقة الشمسية فقط. في حين تعتمد المجمعات الثانوية على المجمعات المجاورة لها بدرجات متفاوتة .

ويمكن تحديد المجمع استنادا الى التفاعلات بين مجموعاته المختلفة. وهذا التحديد هو تحديد وظيفي للمجمع ومع ذلك يمكن ملاحظة الكثير من المجمعات يصعب تحديدها طبقا لهذا المفهوم بسبب التداخل بين المجموعات المختلفة من جانب ولكون الكثير من الاحياء المائية التي تعيش في البيئة المائية تتحرك بحرية في هذه المياه فضلا عن ان معظم مجمعات المياه العذبة والمياه الساحلية تتاثر بالمناطق المجاورة لها من اليابسة لذا يصعب وضع حدود ثابتة للمجمعات في هذه الاماكن على خلاف ما عليه الحال في بيئة اليابسة Terrestrial environment . كما ان كثير من البرمائيات تعيش كيرقات في البيئة المائية وتمضي بعد ذلك دورة حياتها على اليابسة .

وعندما تكون الانواع مرتبطة بدرجة كبيرة مع بعضها والحدود البيئية لتوزيع أي نوع منها تتطابق مع توزيع المجمع ككل فان هذا المجمع يدعى بالمجمع المغلق Closed community . اما اذا كان كل نوع موزعا بصورة مستقلة عن الانواع الاخرى المتواجدة ضمن مجمع معين فان هذا المجمع يدعى بالمجمع المفتوح Opend community. وتكون حدوده خصوصا في ما يتعلق بالتوزيع البيئي والجغرافي للانواع التي تكونه اعتباطية.

وتدعى المنطقة الفاصلة بين المجمعين او اكثر بالمنطقة البيئية الانتقالية Ecotone او منطقة التوتر البيئي . وتحوي هذه المنطقة على كثير من الاحياء التي تخص المجمعات المتداخلة فضلا عن الاحياء التي تختص بها هذه المنطقة والتي تكون غير موجودة في المجمعات المجاورة وغالبا ما يكون عدد الانواع وكثافة الجماعات لبعض الانواع اكثر في المنطقة البيئية الانتقالية مماهي عليه في المجمعات المجاورة . وهذا الميل للزيادة في الانواع والكثافة يدعى بالتاثير الحافي Edge effect.

ويكون تغير الانواع في المنطقة البيئية الانتقالية بصورة سريعة واحيانا يكون الانتقال فجائيا كما هي الحال في المنطقة البيئية الانتقالية الموجودة بين مجمع اليابسة والمجمع البحري .ولكن الحالات التي يكون فيها الانتقال من مجمع الى اخر فجائيا قليلة .فمعظم التغيرات البيئية المنتشرة على نطاق واسع ما هي الا تغيرات تدريجية تختلف تماما عن التغيرات الموجودة بين مجمع اليابسة والمجمع البحري على سبيل المثال .

وتزداد كفاءة المجمع وثباته بصورة طردية مع التآلفات التكيفية التي تقوم بها المجموعات المختلفة داخل المجمع نظرا لان التكيفات تظهر من خلال الانتخاب الطبيعي Natural selection لتعمل على جعل الافراد اكثر ملائمة. لذا فان هذه التكيفات تعمل على تحسين اداء المجمع وجعله اكثر ثباتا ،ويمكن ملاحظة هذا المبدا عند ادخال نوع غريب في مجمع ما اذ يلاحظ انه يفشل في ايجاد موطئ قدم له في بعض الاحيان ولذلك يموت. ولكن في بعض الاحيان ينجح نوع غريب ويصبح منشرا في المجمع ومثل هذا النوع سيعمل على الاخلال بالتوازنات الدقيقة الموجودة بين افراد المجمع مما يؤدي الاخلال بوظيفة المجمع .

علما ان المجمعات بصورة عامة تكون محددة بالعوامل البيئية والخواص الجيومورفولوجية للمحيط الذي تتواجد وتعيش فيه .لذا فانه من طبيعة المجمع الذي يتكون من منطقة معينة تعتمد بصورة رئيسة على العلاقات بين العوامل البيئية وخصائص الانواع وادائها الوظيفي .وهناك مبادئ عامة ترتبط بتصنيف المجمع وتباين انواعه عدديا وكميا ومستوياته الاغتذائية وتنضيده وتعاقباته الدورية وتاثير التاريخ التطوري في تركيبه وعمله وغيرها من أمور. ويمكن تقسيم المجمعات المائية الى عدة اقسام منها :-

1. مجمعات المياه العذبة
2. مجمعات المياه البحرية
3. مجمعات المصبات
4. مجمعات اخرى مثل مجمعات الينابيع ومجمعات المياه الملوثة وغيرها .

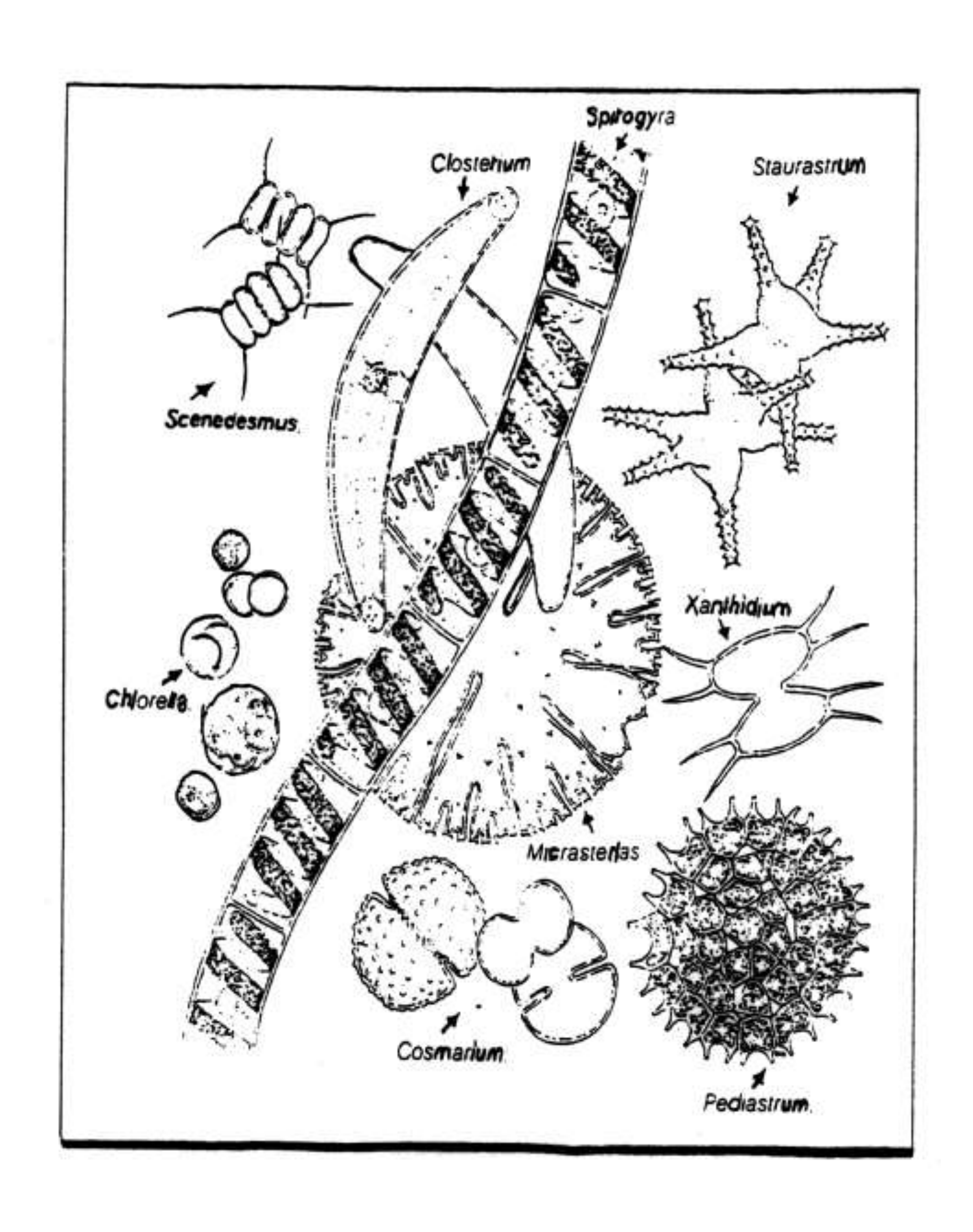
أولا : مجمعات المياه العذبة Freashwater communities

تعد النباتات (الطحالب)المنتج الرئيسي في بيئة المياه العذبة علما ان النباتات البذرية المائية تساهم كذلك في الانتاج الاولي Primary production في المياه العذبة مع الطحالب (الشكل 3-18 و 3-19). وتعتمد على المنتجات عدد من الحيوانات المستهلكة للطاقة Consumers وان معظم كتلتها الحيوية تعود الى اربعة مجاميع في معظم الانظمة البيئية للمياه العذبة وهذه المجاميع هي :-

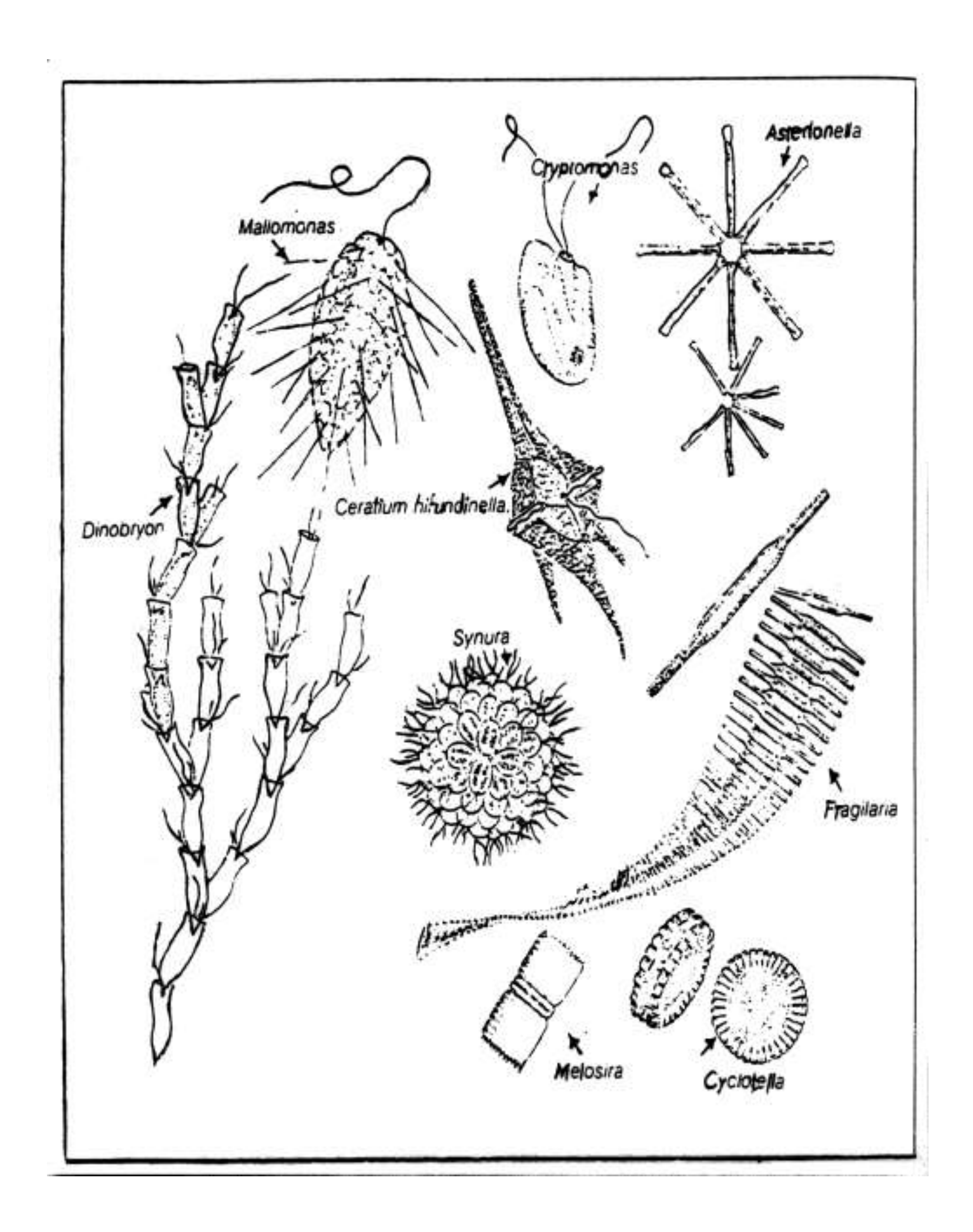
1. الرخويات
2. الحشرات المائية

3. القشريات Copepods (الشكل 3−20)
4. الاسماك

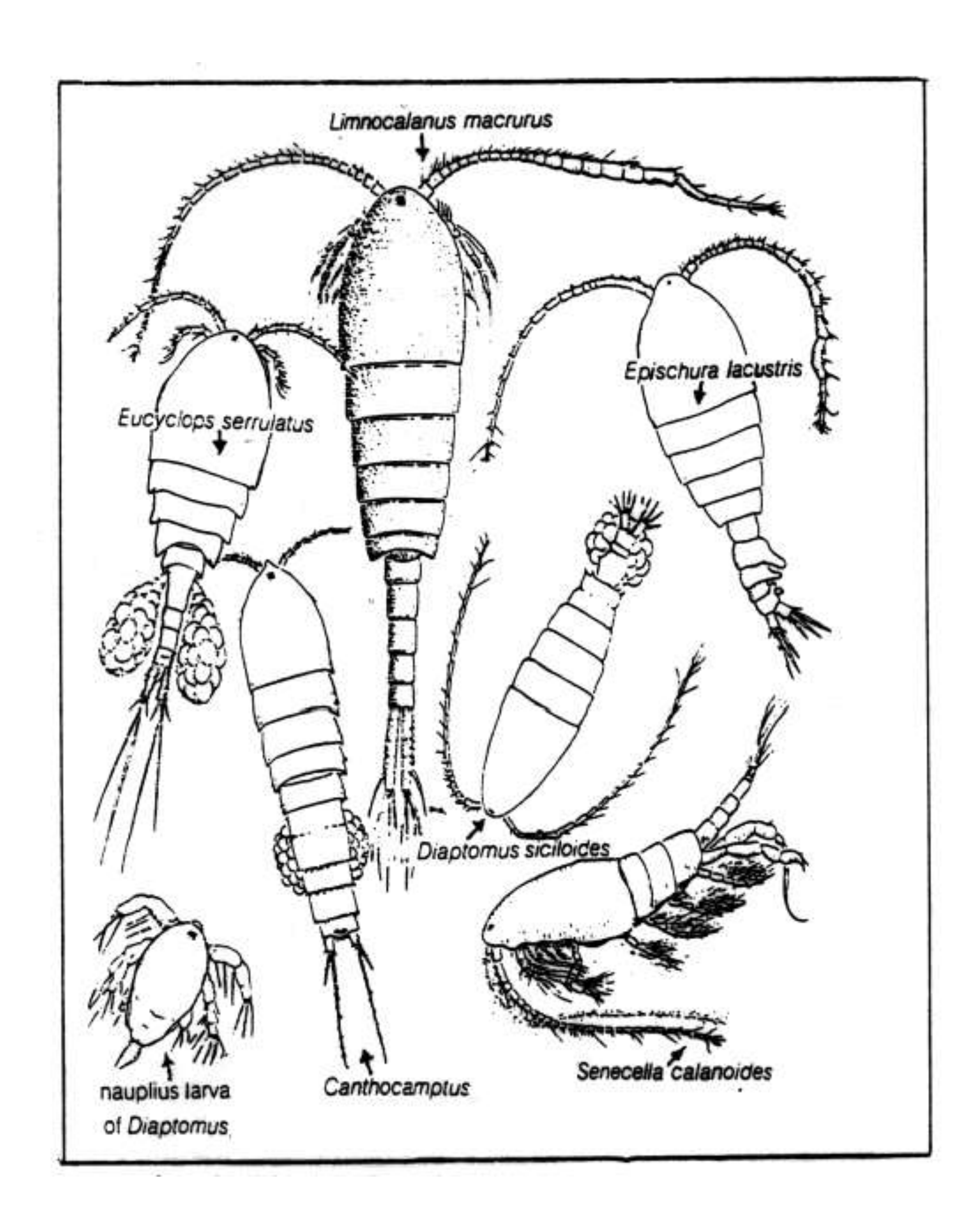
فضلا عن هذه المجموعات هناك ثلاث مجموعات اخرى تاتي بالدرجة الثانية من الاهمية وهي:
1. الحلقيات
2. الدولابيات Rotifera (الشكل 3−21)
3. الابتدائيات Protozoa



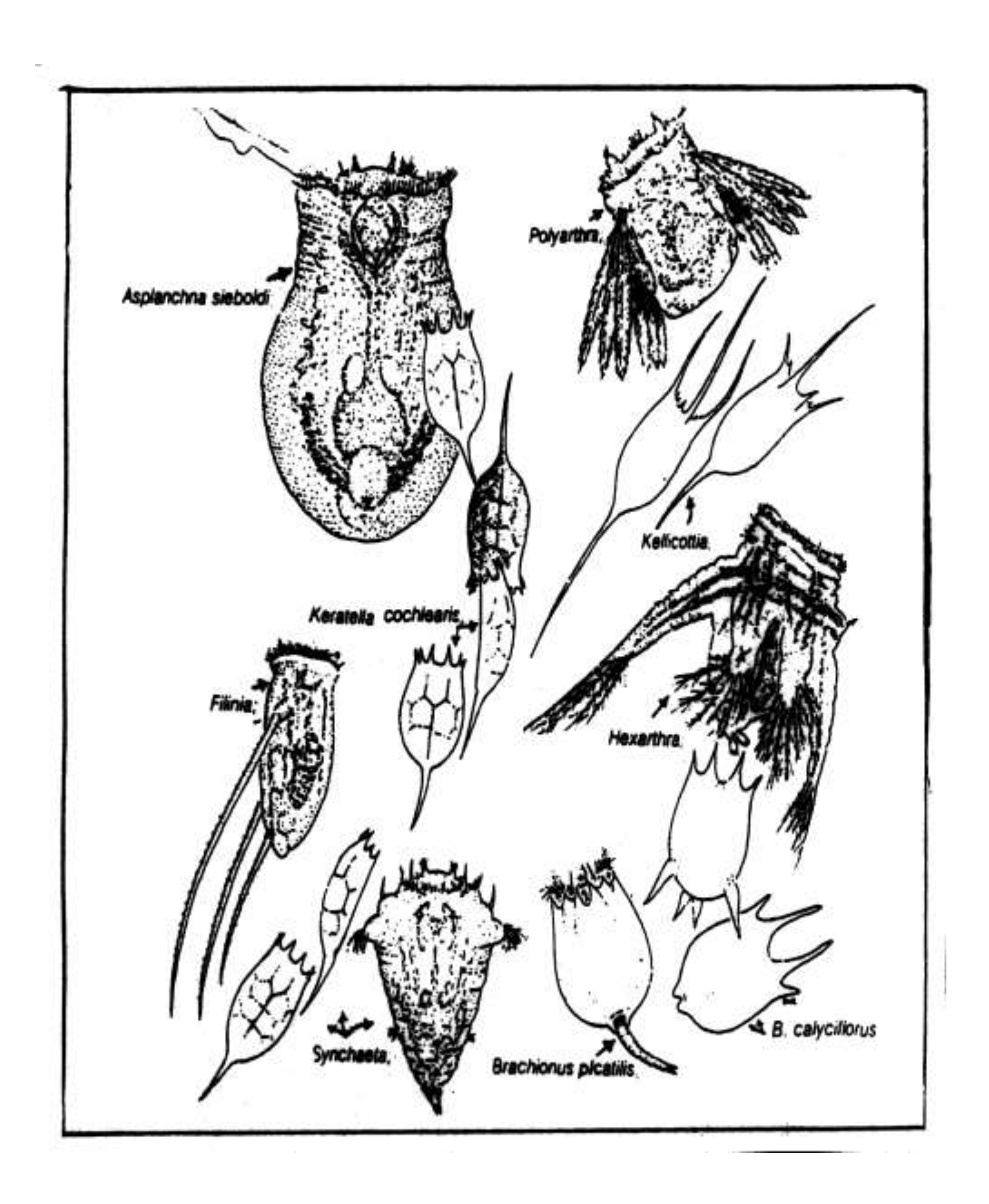
الشكل (3−18) : بعض الطحالب الخضراء في المياه الداخلية (بعد Cole 1983)



الشكل (3-19) : بعض الطحالب البنية الذهبية في المياه الداخلية (بعد Cole 1983)



الشكل (3–20) : بعض القشريات في المياه الداخلية (بعد Cole 1983)



الشكل (3–21) : بعض الدولابيات الهائمة الشائعة في المياه الداخلية (بعد Cole 1983)

اما المحللات Decomposers فتشمل كل من البكتريا والفطريات المائية التي لها نفس الاهمية تقريبا في القيام باختزال المواد العضوية الى مواد غير عضوية يمكن ان تستعمل مرة اخرى من قبل المنتجات Producers (النباتات). وعندما تكثر فتات المواد العضوية فان اهمية كل من البكتريا والفطريات المائية تتضاعف .

ويمكن تقسيم مجمعات المياه العذبة الى مجموعتين :-

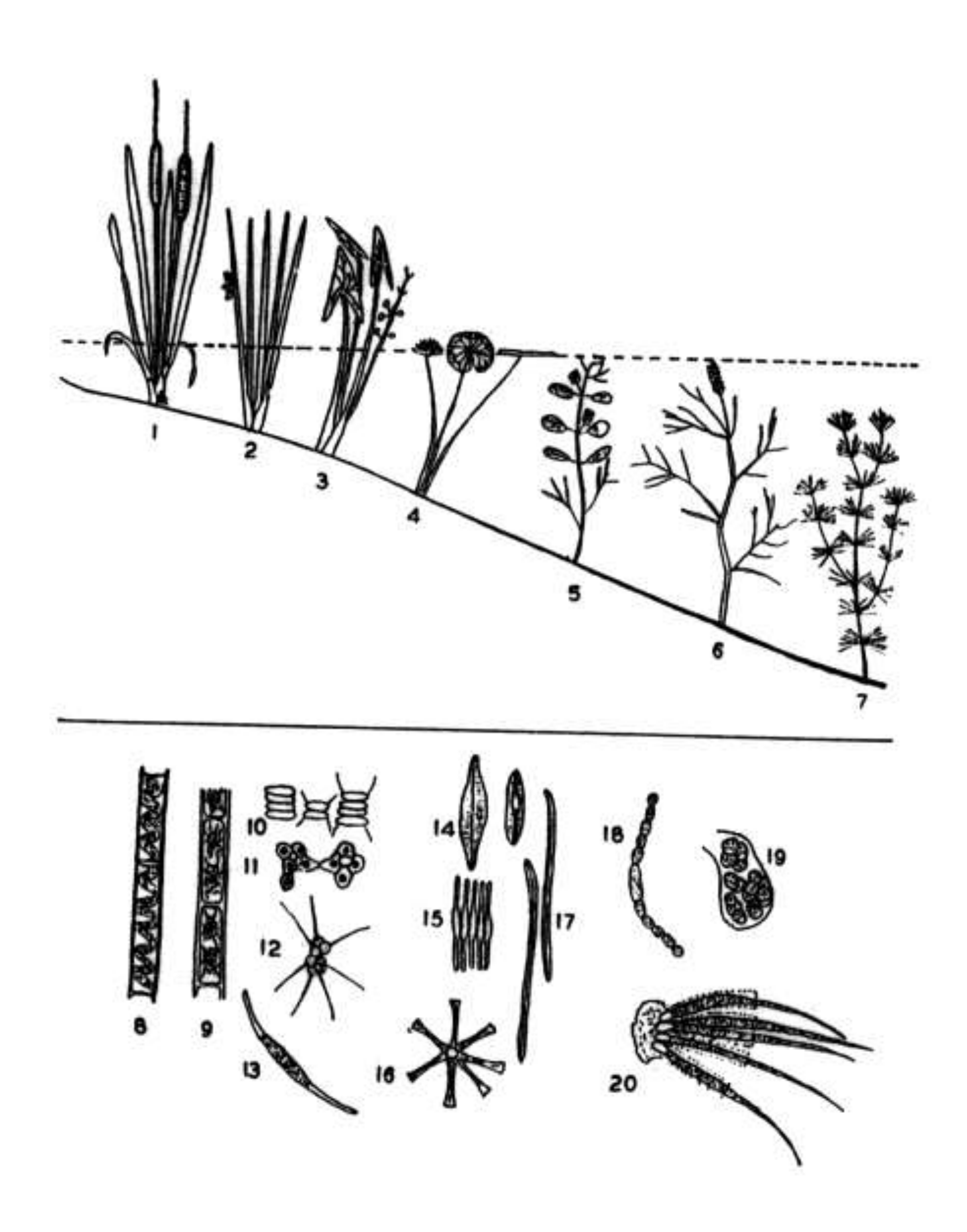
1. مجمعات المياه الراكدة .
2. مجمعات المياه الجارية .

1. مجمعات المياه الراكدة Lentic communities

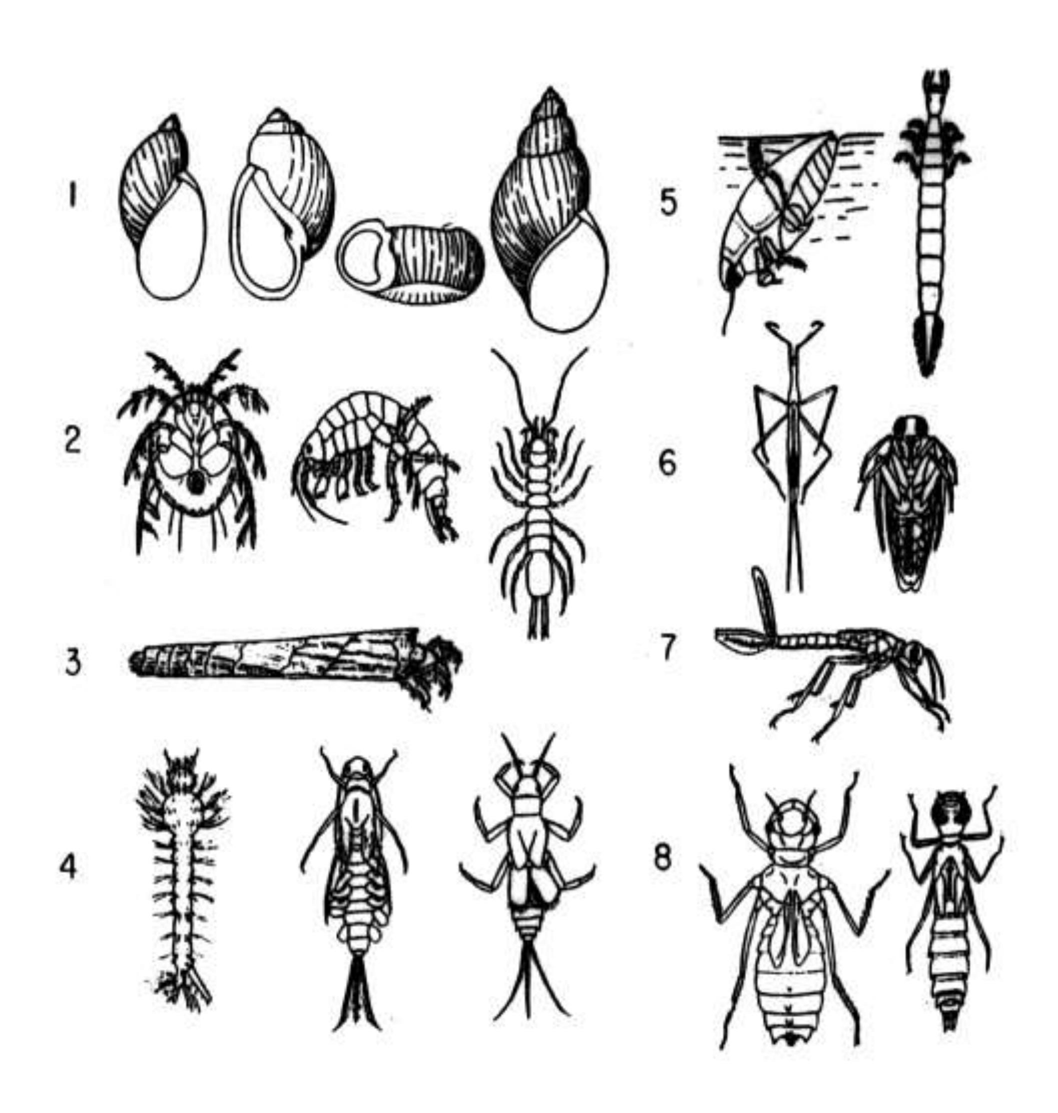
وتشمل المياه الراكدة كما تم شرحه سابقا البرك والبحيرات ويمكن ملاحظة ثلاث انواع رئيسة في مجمعات المياه الراكدة وهي :

أ- مجمع المنطقة الساحلية Littoral zone community

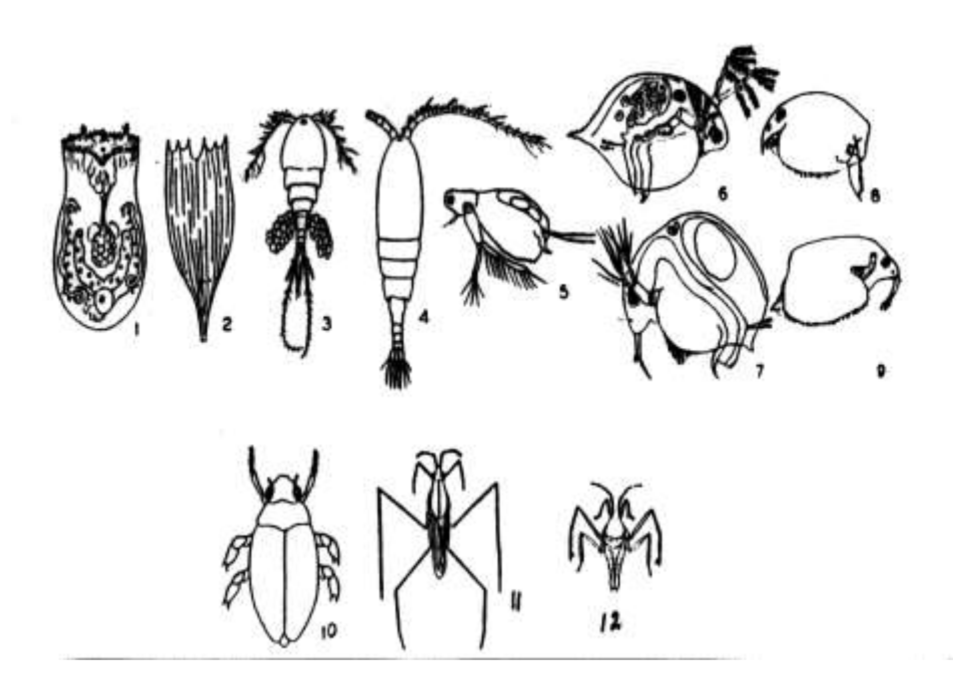
يتكون مجمع المنطقة الساحلية من المنتجات وهي تنتمي الى مجموعتين رئيسيتين هما النباتات الجذرية والطحالب (الهائمات النباتية Phytoplankton) والاخيرة تشمل اساسا ثلاث مجموعات وهي الدايوتومات والطحالب الخضر والخضر المزرقة(الشكل 3-22). ويلاحظ ازدهار الطحالب الخيطية عند تلوث هذه المنطقة بكميات كبيرة من المغذيات كالنتروجين والفسفور .اما الاحياء المستهلكة فتشمل الحيوانات التي تلتصق على سيقان واوراق النباتات والحيوانات السابحة .وتضم المجموعة الاولى المحار والحشرات المائية والدولابيات وبعض الديدان الاخرى (الشكل 3-23 و3-24) بينما تضم المجموعة الثانية بعض انواع الحشرات المائية والاسماك والضفادع والسلاحف ،فضلا عن ذلك فهي تضم ايضا الهائمات الحيوانية Zooplankton (الشكل 3-25).



الشكل (3–22) : بعض الكائنات المنتجة في مجمع للمياه الراكدة تشمل النباتات الساحلية (رقم 1–7) والطحالب الخيطية (رقم 8–9) والهائمات النباتية (رقم 10–20). وتشمل الهائمات النباتية كل من الطحالب الخضر (10–13) والدايوتومات (14–17) والطحالب الخضر المزرقة (18–20)



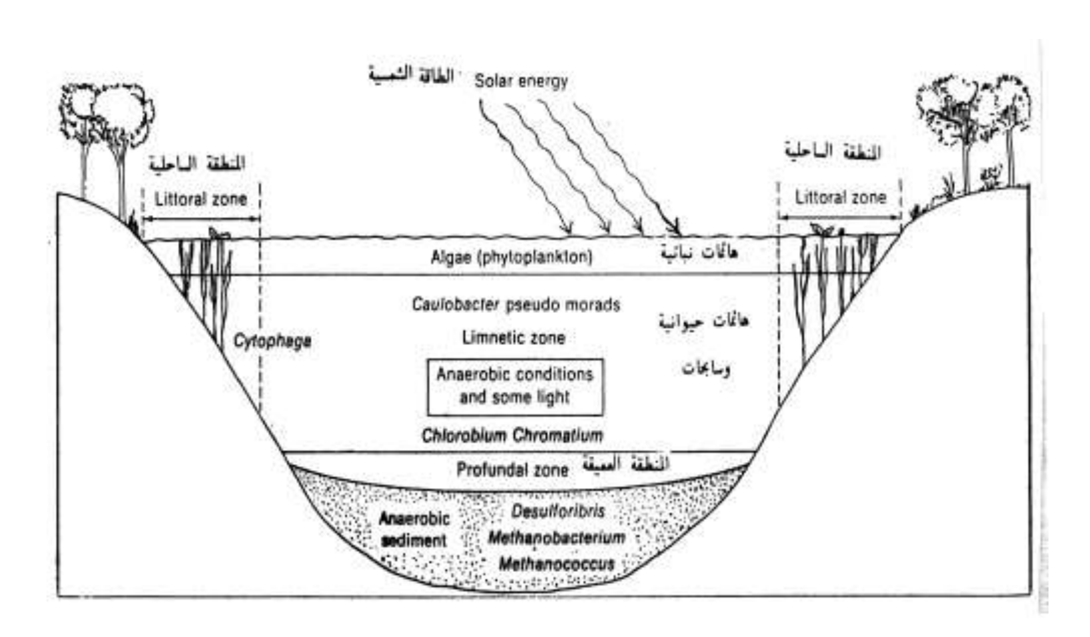
الشكل (3–23) : بعض نماذج الحيوانات في مجمع المنطقة الساحلية للبرك والبحيرات وتشمل المستهلكات الابتدائية أي العواشب (رقم 1–4) والمستهلكات الثانوية أي المفترسات (رقم 5–8)



الشكل (3–24) : نماذج من الحيوانات في مجمع للمياه الراكدة تشمل الدولابيات (رقم 1–2) والقشريات (رقم 4–9) والحشرات (10–12)

ب– مجمع منطقة اعالي المياه المنتجة Limnetic zone community

ان منطقة اعالي المياه المنتجة تلي المنطقة الساحلية وتمتد عمقا لتشمل ابعد مدى تصل اليه المنطقة المضيئة المنتجة Photic zone وفي هذا المجمع يضم المنتجات اساسا من الطحالب بثلاث مجموعات رئيسة وهي الدايتومات والطحالب الخضر والخضر المزرقة اما المستهلكات فتتكون من الهائمات الحيوانية التي تضم رتبتين من القشريات هما رتبة مجدافية الاقدام Copepoda ورتبة متفرعة اللوامس Cladocera (الشكل 3–26)، وصنف الدولابيات Rotifera التي تنتمي الى شعبة الديدان الكيسية .

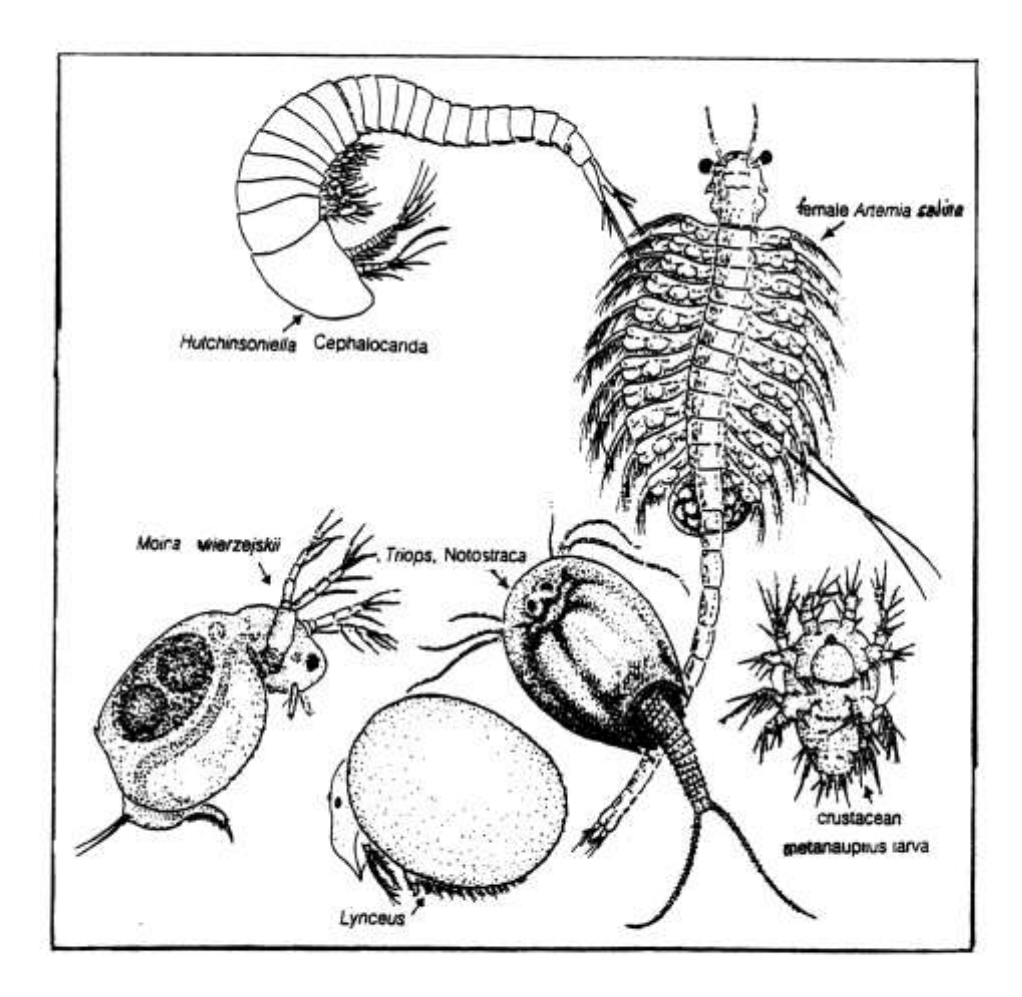


الشكل (3–25) : المجمعات الإحيائية في البحيرة

ويقتصر وجود هذه الهائمات الحيوانية على انواع قليلة ولكن بكميات كبيرة فضلا عن ان هذه الانواع تختلف عادة عن الانواع الموجودة في المنطقة الساحلية التي تنتمي الى نفس هذه الفئات كما يتواجد عدد من الحيوانات المستهلة الاخرى التي تشمل الحيوانات السابحة والتي تشمل على الاسماك بالدرجة الرئيسة عموما .

جـ– مجمع المنطقة العميقة Profundal zone communtity

تقع المنطقة العميقة أي الاسفل من منطقة اعالي المياه المنتجة ويفصلها عنها هو عدم وجود الضوء الكافي لعملية البناء الضوئي لذا فان الاحياء الموجودة فيها تعتمد اساسا على المنطقتين السابقتين للحصول على المواد الغذائية وتشكل البكتريا والفطريات المكونات الرئيسة للاحياء في مجمعات هذه المنطقة خاصة عند تجمع المادة العضوية في القاع وهناك بعض المجموعات من الحيوانات القاعية Benthos من اهمها يرقات بعض الحشرات المائية التي تعرف بيرقات الوحل Chironomidae والحلقيات وبعض النواعم الصغيرة Sphaeriidae.



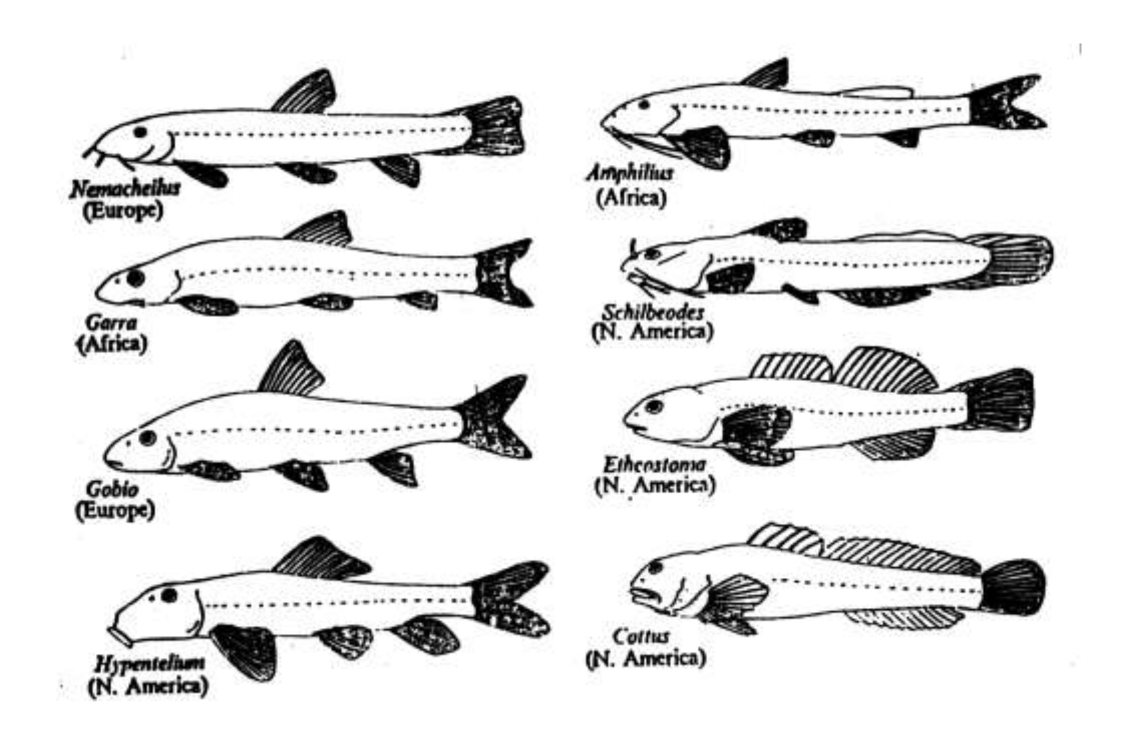
الشكل (3−26) : بعض قشريات المياه الراكدة

2− مجمعات المياه الجارية Lotic communities

ويقصد بالمياه الجارية كما تم شرحه سابقا بالانهار والجداول والينابيع التي يكون فيها تيار المياه واضحا ومستمرا . وتتعرض المجمعات في هذه المياه الى عوامل بيئية رئيسة لا تتعرض لها مجمعات المياه الراكدة كالتيار وعدد من العمليات الهيدرولوجية المتعلقة بجريان المياه في النهر. فالمياه الجارية تخلف عبئا على الاحياء لغرض المحافظة على وضعها وتوازنها كما ان التيار يؤثر في الخواص الفيزياوية والكيمياوية للمياه نتيجة لما يقوم به من تعرية. ويمكن ان يقسم مكان العيش في الانهار الى نمطين

رئيسين احدهما في منحدر النهر Rapid حيث تتدفق مياهه بسرعة والاخر جزء من النهر تكون فيه المياه هادئة وعميقة Pool ولكل منهما مجمعه الخاص كما ان لطبيعة القاع كأن يكون رمليا او طينيا او صخريا دور مهم في تحديد طبيعة المجمع فضلاً عن كثافة الجماعات السائدة فيه .

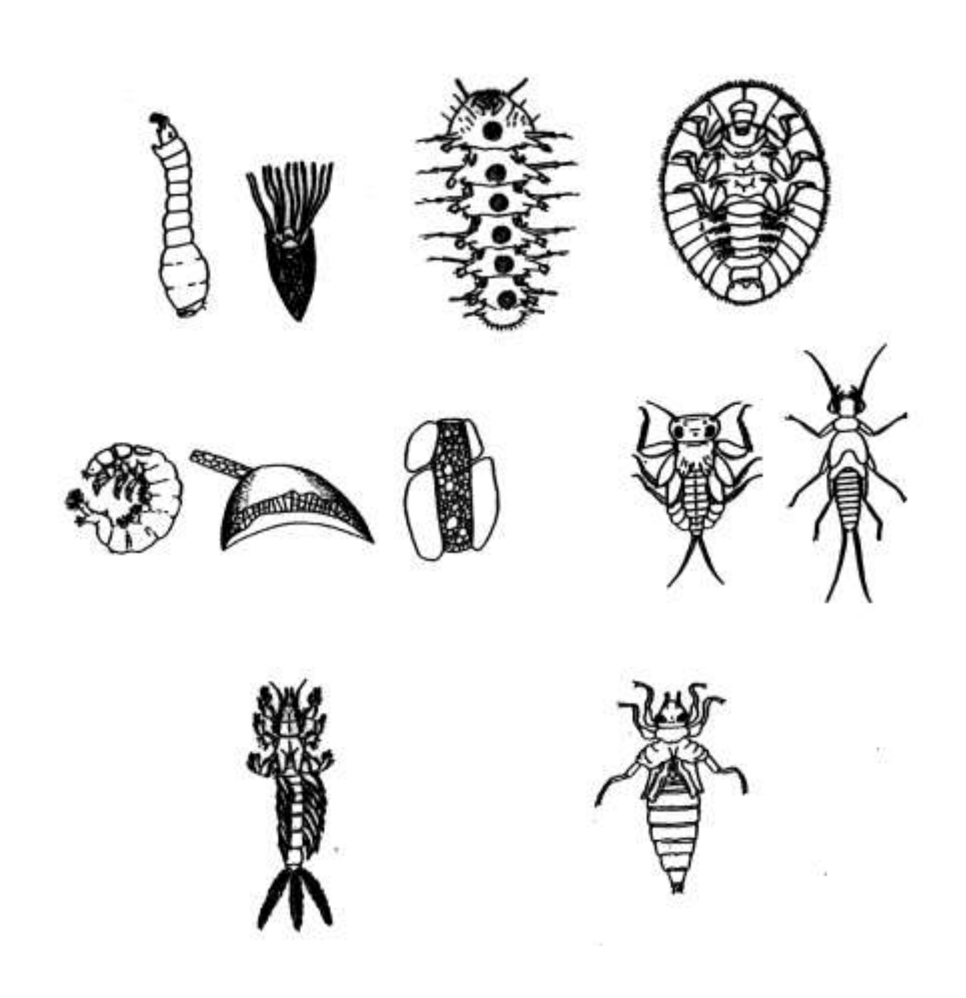
وتختلف اشكال الاسماك القاعية في المياه الجارية كما موضح في الشكل (3–27).



شكل رقم (3–27) شكل الاسماك القاعية في المياه الجارية (Hynes , 1970)

وهناك إجماع بين المختصين في البيئة المائية بان النهر لا يحتوي على هائمات نباتية او حيوانية خاصة به وان ما يتواجد من هائمات فانه قد يعود الى البحيرات او البرك المتصلة بذلك النهر الشكل (3–28). وتفقد هذه الهائمات باستمرار مع المياه عند المصب. وان طول فترة نقل هذه الهائمات في النهر التي تعتمد على طوله وعلى سرعة

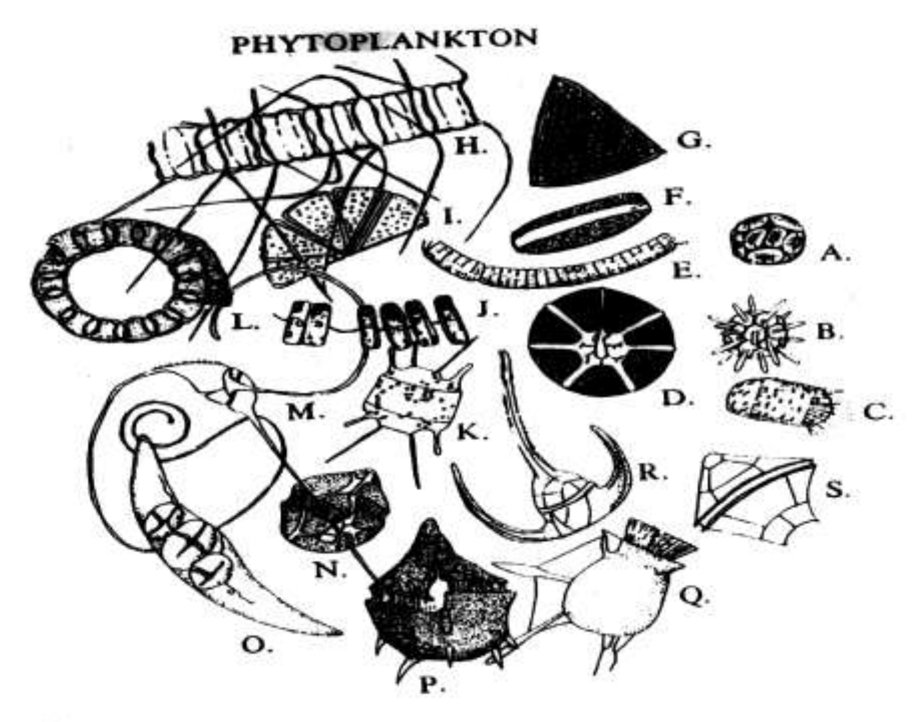
التيار هي التي تقرر ظهور هائمات نهرية حقيقية Potamoplankton لذلك ففي الانهار الطويلة البطيئة الجريان فان الهائمات يمكن ان تتكاثر وتصبح جزاء مهما من المجمع .اما الاحياء القاعية فيلاحظ وجود بعض النباتات والحيوانات التي تلتصق بالقاع تبعا لطبيعته. ويختلف التركيب النوعي لمجمعات منحدر النهر اختلافا كليا عن مجمعات المياه الرا كدة باعتبارها تمثل مجمعات المياه الجارية اما في المياه الهادئة العميقة فيمكن ملاحظة التشابه مع مجمعات المياه الراكدة .



الشكل (3–28) : بعض الحيوانات المتواجدة في المياه الجارية

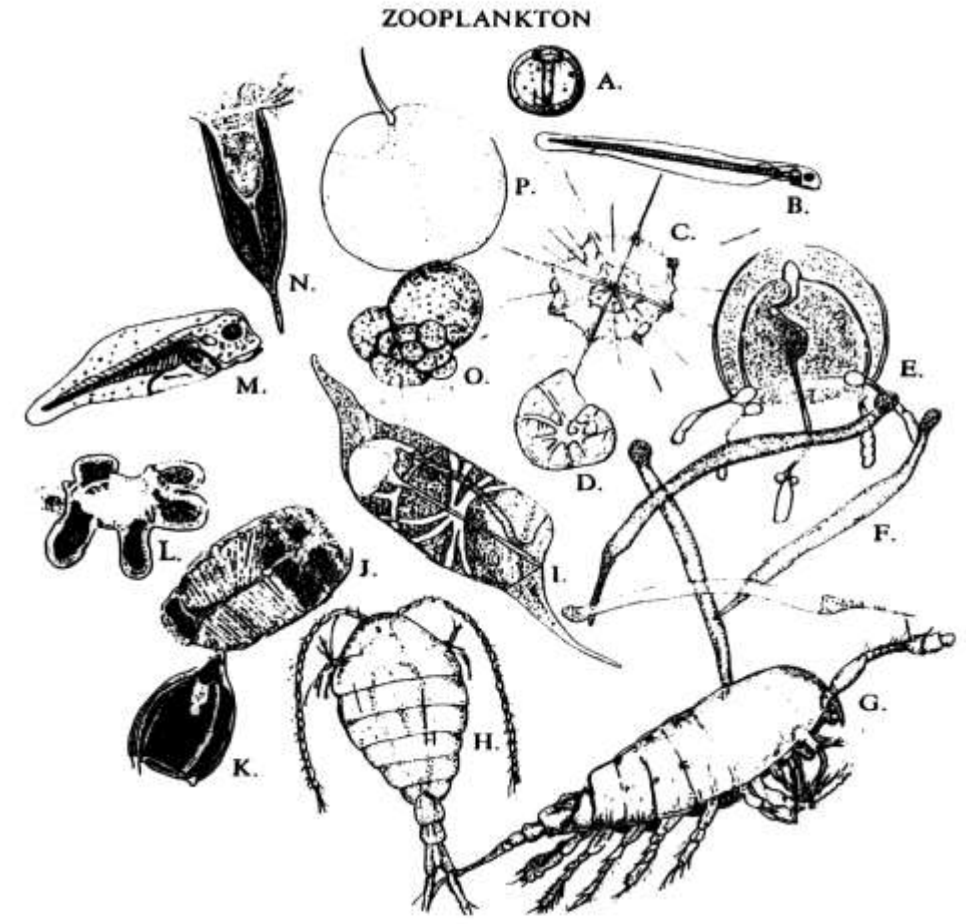
ثانيا : مجمعات المياه البحرية Marine community

هناك اختلافات كبيرة بين الأحياء البحرية لذا من الصعوبة تحديد المجموعات الاكثر اهمية كما تم ذلك في مجمعات المياه العذبة .وبصورة عامة فان الاحياء السائدة في المياه البحرية هي الهائمات النباتية (الشكل 3–29)، والهائمات الحيوانية (الشكل 3–30)، والبكتريا والقشريات والاسماك وهذه هي سائدة كذلك في المياه العذبة خاصة الدايوتومات Diatoms (الشكل 3–31) والسوطيات الدوارة Dinoflagellates (الشكل 3–32) ومجذافية الاقدام. ولكن يلاحظ بان انواع الهائمات النباتية والقشريات والنواعم والاسماك تكون اكثر في المياه البحرية. ففي المياه العذبة كالانهار تستفيد يرقات اللافقريات من عمود الماء من خلال انتشارها ، لكن في عدد من حشرات المياه العذبة يلاحظ انها تعتمد في انتشارها في المياه وحركتها من مجرى Stream الى اخر على البالغات الطيارة Flying adults. أن انتشار معظم الاحياء المائية في المياه العذبة في غير طور الطيران الحر يعتمد على مقاومتها لتركيب الرياح وهبوبها مثل بريعمات Gemmules الاسفنجيات Sponges وحويصلات Gusts الروبيان المالح Brine shrimps وبيوض الهيدرا Hydra والاجسام المرتبطة بالمفصليات بطيئات الخطو Tardigrades والدولابيات Rotifers وفي البحار فالحالة تختلف تماما. فالمواطن البحرية Marine habitats تكون واسعة ومستمرة بالمقارنة مع المياه العذبة .وتحوي المياه السطحية Pelagic على يرقات التي تنتشر بسرعة من خلال المد والجزر والتيارات الاخرى. وفي المياه السطحية فان يرقات اللافقريات البحرية ذات الاعمار القصيرة تكون عادة وحدات مشتتة Dispersal units، اما البالغات المقيمة او غير المهاجرة Sedentary فتشكل جزء من دورة الحياة الذي يتم فيه معظم تغذيتها ونموها، والعكس تماما في حشرات المياه العذبة (شكل 3–33).



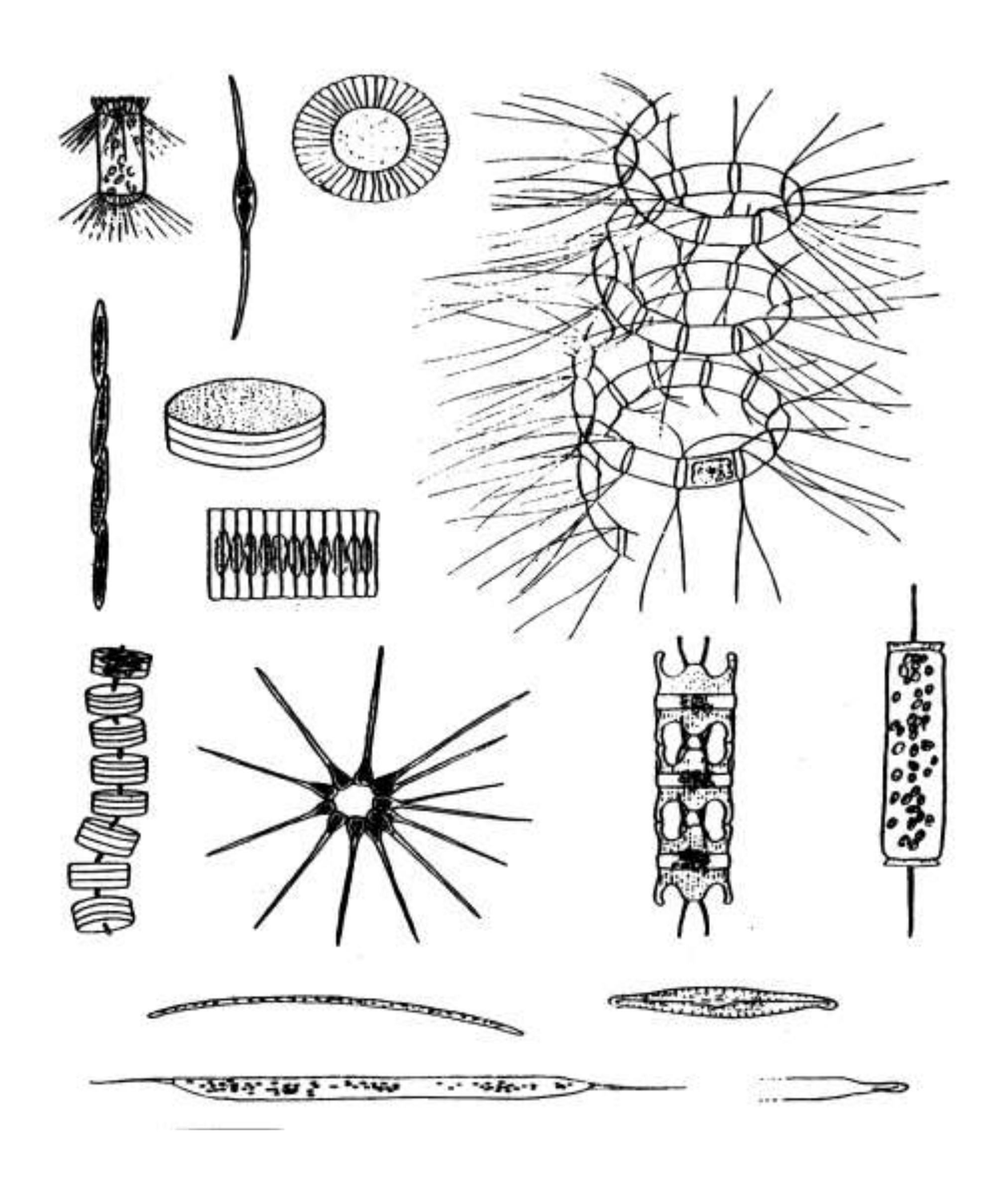
Phytoplankton: A. and B. Coccolithophoridae. C–L are diatoms. C. Corethron. D. Asteromphalus. E. Rhizosolenia. F. Coscinodiscus. G. Biddulphia favus. H. Chaetoceras. I. Licmophora. J. Thalassiosira. K. Biddulphia mobiliensis. L. Eucampia. M–S are dinoflagellates. M. Ceratium reticulatum. N. Goniaulax scrippsae. O. Gymnodinium. P. Goniaulax triacantha. Q. Dynophysis. R. Ceratium bucephalum. S. Peridinium.

الشكل (3–29) : الهائمات النباتية في المياه البحرية (Thurman and Webber 1984)

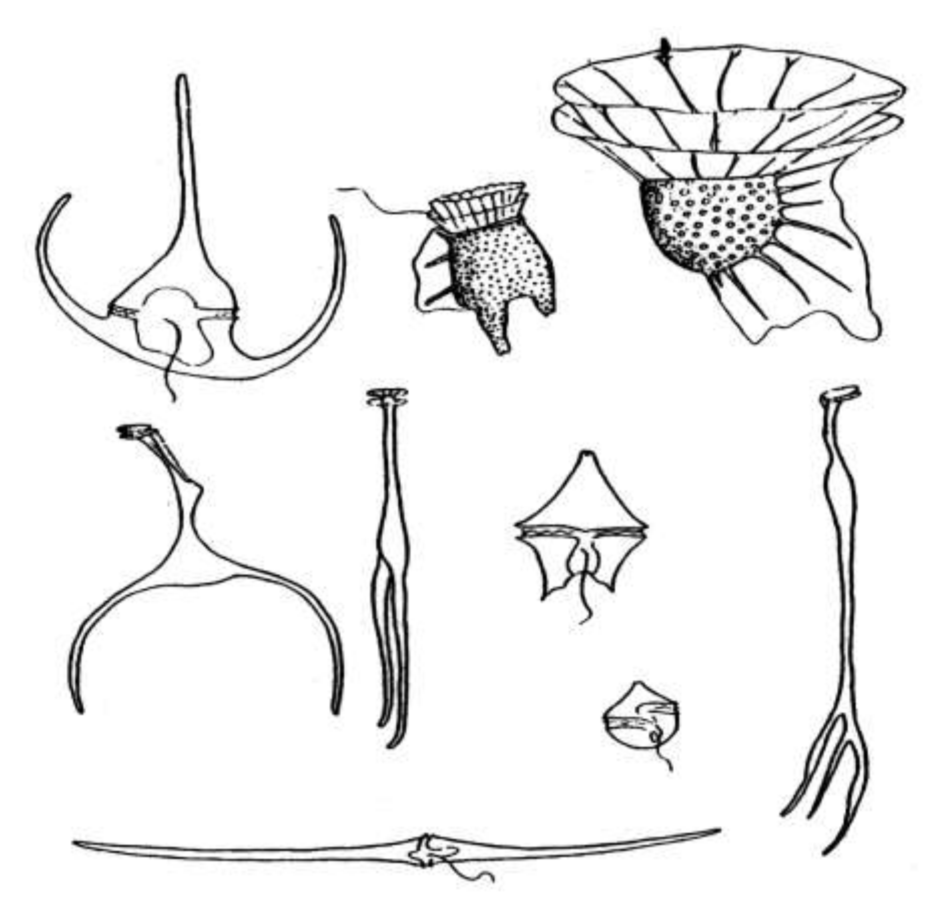


Zooplankton: A. Fish egg. B. Fish larva. C. Radiolaria. D. Foraminifera. E. Jellyfish. F. Arrow worm. G. and H. Copepods. I. Salp. J. Doliolum. K. Jellyfish. L. Worm larva. M. Fish larva. N. Tintinnid. O. Foraminifera. P. Dinoflagellate (Noctiluca). (Line drawing by Jeffrie Hall)

الشكل (3−30) : الهائمات الحيوانية في المياه البحرية (Thurman and Webber 1984)

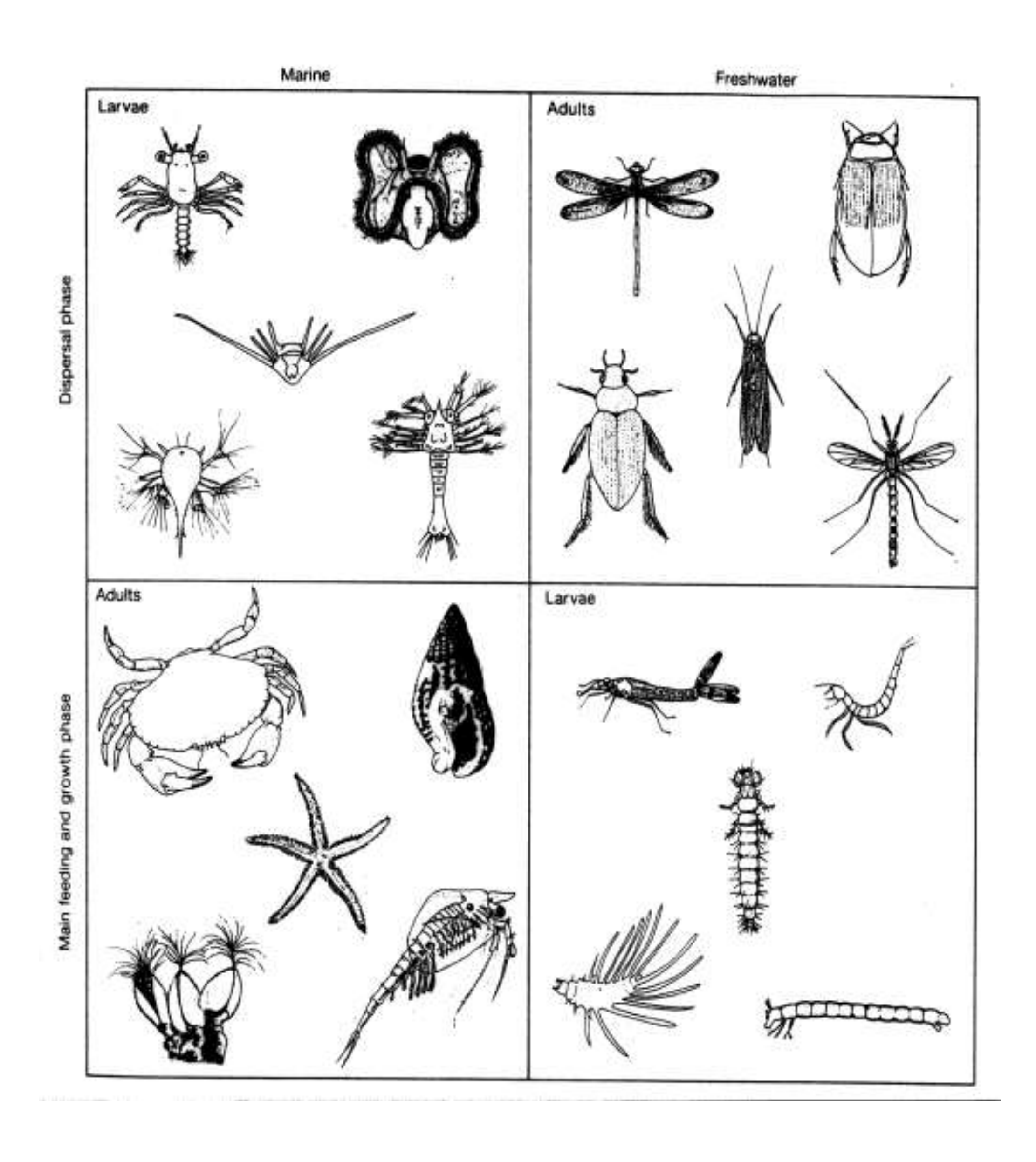


الشكل (3-31) : الدايدتومات في المياه البحرية



الشكل (3-32) : السوطيات الدوارة في المياه البحرية

كما ان المياه البحرية لا تحتوي الا عدد محدودا جدا من النباتات البذرية واهمها الجنس Zostera وفي الوقت الذي يقتصر فيه وجود الحشرات في بيئة المياه العذبة فان كلا من الاسفنجيات والشوكيات وامعائية الجوف والحلقيات التي ينعدم او يندر وجودها في المياه العذبة، وتعتبر مهمة جدا في مجمع المياه البحرية. وتضم مجمعات المياه البحرية العديد من المجمعات المختلفة والتي سبق التطرق الى بعضها في الفصل الثاني، وسيتم تناول نوعين منها هي :



الشكل (3–33) : انتشار الاحياء المائية بأدوار حياتها المختلفة في المياه العذبة والمياه البحرية

(Bogen et al . 1986)

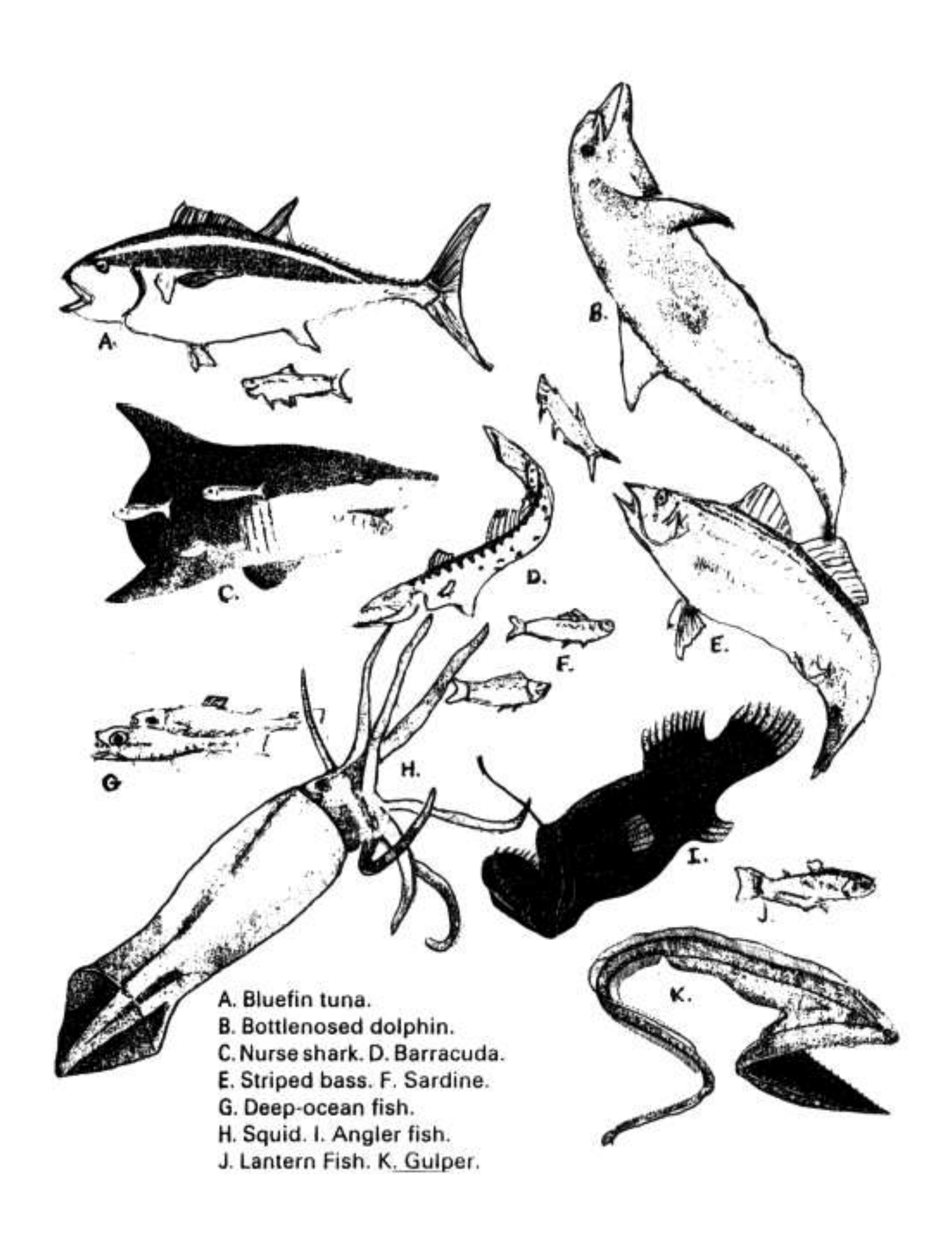
1- مجمعات الجرف القاري Continental shelf zone community

ان منطقة الجرف القاري جزء من البحر او المحيط الذي يمتد من اليابسة الى عمق 200 متر. ويحتوي مجمع هذه المنطقة على المنتجات من الهائمات النباتية التي من اهمها مجموعة قديرة الاسواط Dinoflagellates والدايوتومات فضلا عن الاعشاب البحرية Seaweed التي تضم الطحالب الحمراء والبنية وتلعب دورا مهما في المياه الضحلة الساحلية في المناطق التي تكثر فيها هذه الاعشاب .اما المستهلكات فتضم الهائمات الحيوانية والحيوانات السابحة Nekton وهي الحيوانات التي تستطيع الحركة دون الاعتماد على تيارات المياه في البحار والمحيطات ولها القدرة على الهجرة الطويلة في اغلب الاحيان وتشمل الاسماك Fishes واللبائن البحرية Marine mammals والزواحف البحرية Marine reptiles (الشكل 3−34)، والحيوانات السطحية Neuston والحيوانات القاعية Benthos (الشكل 3−35).

ومن اهم الهائمات الحيوانية في منطقة الجرف القاري هي مجدافية الاقدام والمخرمات Foraminifera والشعاعيات Radiolaria والهدبيات وميدوزا اللاسعات والمشطيات Ctenophora والكاسيات Tanicata وبعض النواعم الهائمة وعديدة الاهلاب Polychaeta وهلبية الفك Chaetognatha .

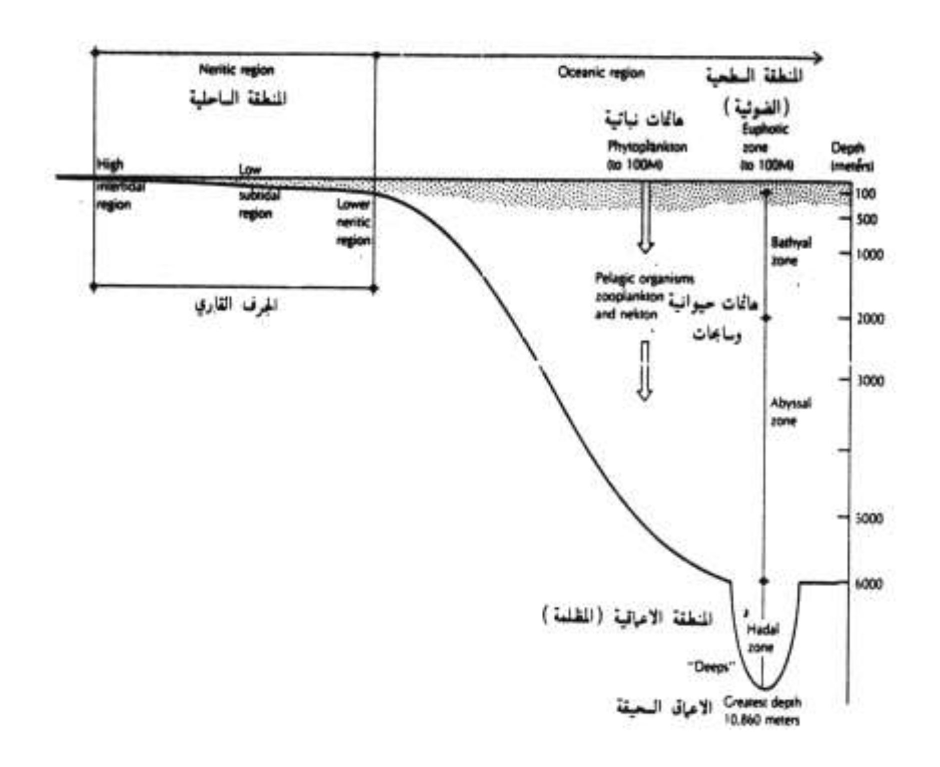
فضلاً عن التنوع العالي للاحياء البحرية في منطقة الجرف القاري فان مناطق صيد الأسماك والثروة السمكية تزدهر فيها كذلك (الشكل 3−36).

فضلا عن ذلك فهناك الكثير من الحيوانات السابحة والقاعية تمضي الجزء الاول من حياتها كهائمات. اما الحيوانات القاعية فتشمل أساسا عديدة الاهلاب والقشريات والنواعم واللافقريات الأخرى. وتقل كثافة هذه الحيوانات مع الزيادة في العمق .وتشمل الحيوانات السابحة والحيوانات السطحية المستقرة بصورة رئيسة على الأسماك والقشريات الكبيرة والسلاحف واللبائن والطيور البحرية .



الشكل (3–34) : الحيوانات السابحة Nekton في المياه البحرية

(Thurman and Webber 1984)



الشكل (3–35) : المجمعات الإحيائية في مناطق البيئة البحرية



الشكل (3–36) : توزيع مناطق صيد الاسماك في العالم (Morgan et al. 1993)

2- مجمعات اعالي البحار والمحيطات Oceanic zone community

تشمل هذه المنطقة الجزء من البحر او المحيط الذي يلي منطقة الجرف القاري. وقد تصل الى عمق اكثر من 10000 متر، وتكون ذات انتاجية واطئة جدا. وتشمل المنتجات في هذه المنطقة اساسا على الهائمات النباتية مثل قديرة الاسواط والدايوتومات. اما الحيوانات المستهلكة فتشمل مجموعات متنوعة من الهائمات الحيوانية والحيوانات السطحية والحيوانات السابحة كالاسماك والطيور البحرية والحيتان وتشمل الحيوانات المستهلكة كذلك على الحيوانات القاعية كالقشريات والنواعم والشوكيات وتغطي مساحات واسعة من قيعان المحيطات بترسبات دقيقة تدعى الترسبات العضوية الافرازية Oozes.

ثالثا : مجمعات المصبات Estuary community

ان اصل الانواع التي تتواجد في منطقة المصبات يرجع الى المصب نفسه حيث يقتصر وجودها عليه او قادمة من البحر فضلا عن ان عدد قليل جدا من الانواع يكون قادما من المياه العذبة. ويلاحظ في المصبات انواع مختلفة من الاحياء المنتجة تضم نباتات المستنقعات والادغال والحشائش البحرية والطحالب القاعية والهائمات النباتية (الشكل 3-37) . لذلك فان المصبات تعد اكثر انتاجية مما يجاورها من المياه البحرية كانت ام مياه عذبة. وتقتصر الهائمات المستديمة Holoplankton بصورة عامة على عدد قليل نسبيا من الانواع .

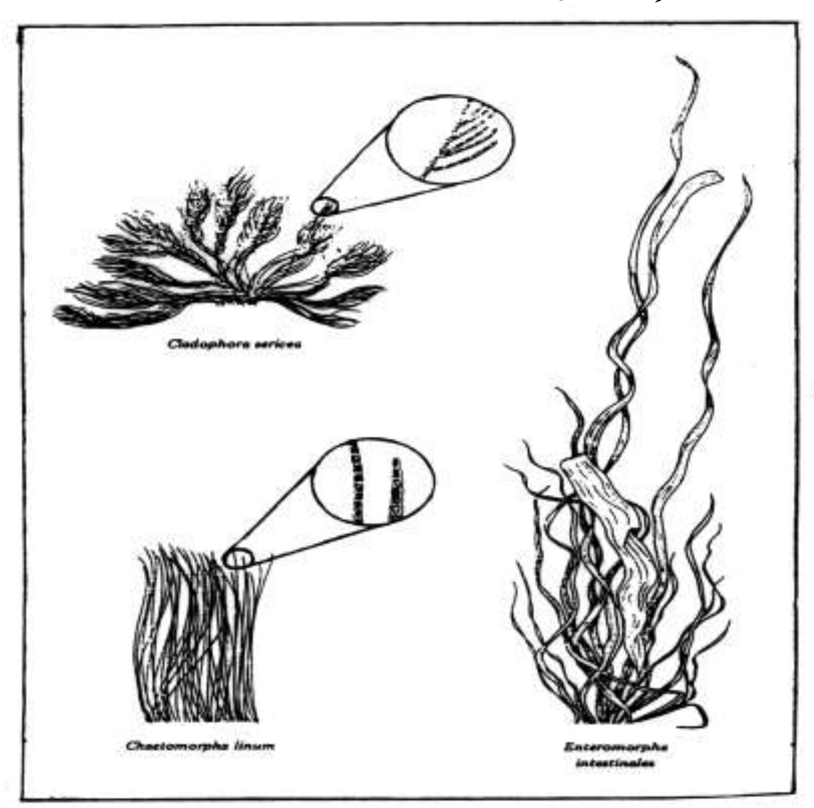
اما الهائمات المؤقتة Meroplankton فانها تكون اكثر تنوعا وتعد منطقة المصبات منطقة تكاثر لعدد كبير من الاسماك وانواع اللافقريات المختلفة .وتمتاز كثير من الحيوانات المستهلكة التي تعيش في هذه المنطقة بقدرتها على اخذ الغذاء من مستويات اغتذائية مختلفة ومتعددة. وعلى سبيل المثال يلاحظ انواع سمك البياح Mugilidae التي تستطيع التغذي على اكثر من مستوى اغتذائي .وتكون الحشائش البحرية موطنا جيدا للكثير من الطحالب القاعية والحيوانات الصغيرة والتي تعتبر غذاء مهم لكثير من الاسماك التي تتغذى بطريقة الرعي .

تداخل العوامل Factor combination

بعد تناول العوامل البيئية المختلفة اللااحيائية منها والاحيائية يلاحظ بان استجابة الكائن الحي تتاثر بمجمل كافة العوامل البيئية حيث لايمكن تناول عامل بيئي واحد دون الاخذ بنظر الاعتبار العوامل الاخرى .فان العوامل البيئية التي تم تناولها ذات علاقة وطيدة بعضها مع البعض الاخر .

ومن هذا يتضح بان تداخل العوامل هو الاخر يعد عاملا بيئيا مضافا حصيلة الترابط والتداخل بين العوامل البيئية المختلفة. وعلى سبيل المثال لا الحصر يلاحظ عامل الضوء ودرجة الحرارة مع عامل الغازات مثل توفر مصدر للكاربون اللاعضوي في المياه مع ظروف الكدرة ووجود الاحياء المائية بانواعها المختلفة ووجود انواع من الهائمات النباتية التي تقوم على عملية البناء الضوئي .لذا فعند دراسة الانتاجية الاولية Primary productivity للهائمات النباتية من خلال عملية البناء الضوئي لابد انه يؤخذ بنظر الاعتبار عددا من العوامل الفيزياوية والكيمياوية والحياتية لكي تكون الصورة اكثر وضوحا ، وهكذا تكون الامثلة كثيرة .

لذا ففي الدراسات الحديثة توصل العديد من علماء البيئة الى عدد من المعادلات الرياضية والرسوم البيانية التي توضح تداخل العوامل وتاثيره في نمو الكائن الحي وانتشاره ومنه يمكن عمل نموذج رياضي Model يمثل الواقع بشكل افضل ومن خلاله يمكن التوقع لمستقبل المسطح المائي من ناحية خواصه البيئية المختلفة او حالة التلوث المائي ونوعه أو المجمعات الإحيائية وهكذا .



الشكل (3-37) : بعض الطحالب المتواجدة في بيئة المصبات (Nybakken 1982)

الفصل الرابع : تلوث المياه

Water pollution

مقدمة

مصادر المياه

الاستعمالات البشرية للمياه

تلوث مياه المناطق البيئية

أولا : المياه العذبة ، وملوثاتها :

1. **فضلات المجاري المنزلية**
2. **فضلات الصناعة**
3. **فضلات العمليات الزراعية**
4. **التلوث الحراري**
5. **الثلوث بالنفط**
6. **الاثراء الغذائي**
7. **الثلوث بالميكرويات**
8. **الأمطار الحامضية**
9. **الثلوث الاشعاعي**

ثانياً: المياه الجوفية ، وملوثاتها :

1. **الصناعة**
2. **العمليات الزراعية**
3. **آبار الحقن**
4. **المجاري وخزانات التعفن**
5. **ظاهرة تداخل المياه المالحة**
6. **التخلص السطحي من النفايات**

ثالثاً : مياه البحار والمحيطات ، وملوثاتها

1. **مياه المجاري والمخلفات الزراعية والصناعية**

2.النفايات السامة والمواد الاشعاعية

3.التلوث الحراري

4.المعادن الثقيلة

5.النفط

الادلة البايولوجية لتلوث المياه

المنظمات الدولية ذات العلاقة

المعالجات

مقدمة

يعد تلوث البيئة المائية من المشاكل العالمية الكبيرة التي تشغل الحكومات والشعوب في كل إرجاء العالم كما أكد مؤتمر قمة الأرض في ريدوجانيرو المنعقد في حزيران 1992 الذي حضره رؤساء الدول أو من يمثلهم من أنحاء المعمورة فضلاً عن المؤتمرات اللاحقة الإقليمية والمحلية . فهو يعرض صحة الإنسان للخطر ويهدد الحياة للأحياء المائية ويعيق النشاط الصناعي وتطور المدينة . واصبح موضوع حماية البيئة المائية من التلوث موضوعاً عالمياً يشترك فيه كافة الدول .

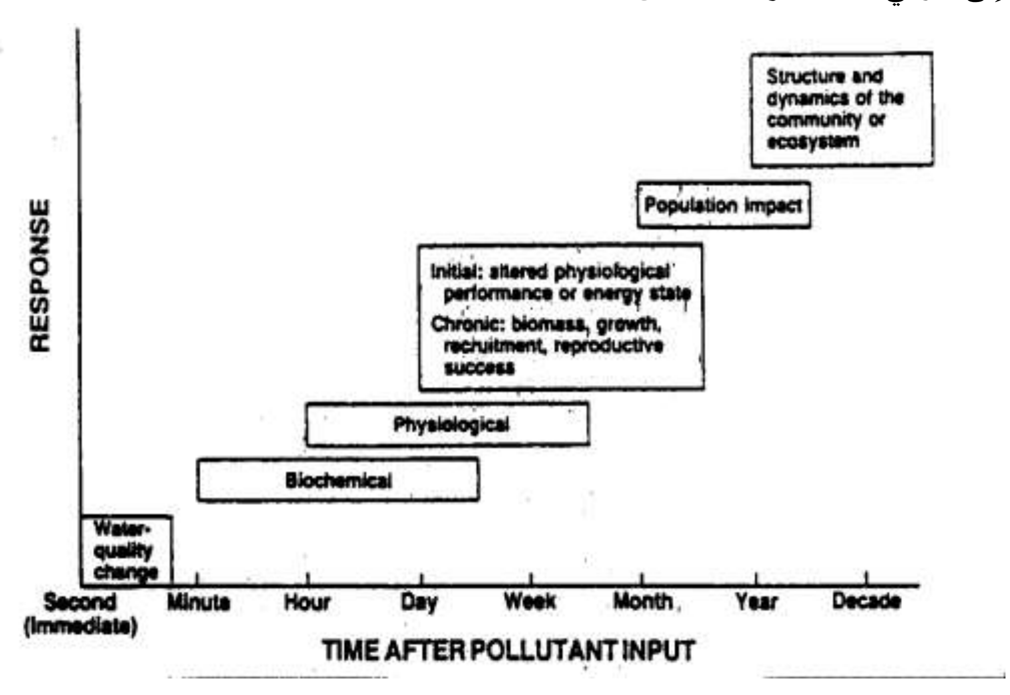
ولايوجد تعريف دقيق للتلوث ولكن هناك تعاريف عامة مثل الضغط على البيئة الطبيعية من خلال انشطة الإنسان مما ينتج تغايرات غير مرغوبة في النظام البيئي Ecosystem. أو إضافة مواد أو طاقة من قبل الإنسان إلى البيئة المائية كافية لاحداث ضرر في صحة الإنسان أو الموارد الحية والأنظمة البيئية أو التداخل بين الاستعمالات الشرعية للبيئة بضمنها نواحي الراحة والاستجمام. وهذا التعريف الأخير واسع وشامل ويؤكد بان الإنسان عنصر أساسي في تلوث بيئته. ويمكن القول من خلال هذه التعاريف بان التلوث عبارة عن الاخلال بالتوازن الطبيعي للبيئة بالشكل الذي يؤثر في حياة الأحياء المائية .

وفي منتصف التسعينات برزت فرضية تشير إلى تأثير الملوثات في البيئة المائية التي قد يظهر تأثيرها خلال ثواني إلى عشرات السنين وعلى خمسة مستويات في الأقل من التنظيم البايولوجي Biological organization وهي (شكل 4−1):

1. الكيموحياتية Biochemical
2. الفسيولوجية Physiological
3. الجماعة Population
4. المجمع أو المجتمع Community
5. التغيرات التركيبية للنظام البيئي Ecosystem structural changes

ويدخل الماء في الصناعات الحديثة كمادة أولية أو عامل مساعد خاصة في تبريد المكائن من خلال عمليات الذوبان والخلط والتنظيف . فالحصول على طن واحد من الحديد مثلاً يحتاج إلى 300 متر مكعب من الماء تقريباً ولا نتاج طن واحد من الكاوجوك الصناعي يحتاج إلى اكثر من 2000 متر مكعب من الماء ولاستخراج طن واحد من النيكل يستهلك عادة حوالي 4000 متر مكعب من الماء ولتكرير طن واحد من النفط

يتطلب حوالي 10 متر مكعب من الماء ولصنع طن واحد من الأسمدة النتروجينية يحتاج إلى حوالي 600 متر مكعب من الماء.



الشكل (4−1) : سلسة التأثيرات الزمنية الافتراضية للملوثات والملاحظة في مستويات مختلفة من التنظيم البايولوجي (Lobban and Harrison 1994)

لذا فان الصناعة تستهلك كميات كبيرة من المياه التي مصدرها الرئيسي من المحيطات والبحار التي تغطي مساحة قدرها 56×10^{6} كيلو متر مربع وتحتوي على 1430×10^{15} متر مكعب من الماء. وللأسف تستقبل هذه البحار والمحيطات الفضلات التي يرميها الإنسان من خلال أنشطته المختلفة مما يسبب تلوثها من خلال تركيز الملوثات أو ما يسمى بالتأثير التراكمي للملوثات. فان وجود مواد غير مضرة وبكمية قليلة قد لا تعطي المياه صفة التلوث إلاّ أن تراكم هذه المواد ولمدة طويلة يكون بمثابة عامل اضافي يشكل خطراً اكبر والذي يؤثر في نوعية تلك المياه وبيئتها.

ويلاحظ بان جميع البلدان الصناعية في العالم متأثرة بالتلوث ليس لانها معرضة للعوامل الناجمة من المخلفات الصناعية فحسب وانما لأن التصنيع يستدعي بالضرورة تكوين مجمعات سكانية قريبة وتضاف فضلاتها الى تلك الناتجة من المصانع.

وقد يصعب التغلب في بعض الحالات على التلوث كما هو الحال في تلوث نهر الراين والبحيرات الكبرى في الولايات المتحدة الامريكية مثل بحيرة ميشيكان التي يلزمها في حالة توقف صب النفايات فيها الى 500 سنة لتجد نقاوتها الاصلية . كما ان بحيرة إرى Erie فانها تتلقى كل يوم حوالي 7 ملايين متر مكعب من المياه المستعملة الاتية من المدن و3 ملايين متر مكعب من المياه الملوثة الآتية من المصانع وكما هو الحال في البحر المتوسط الذي تصب فيه فضلات المجاري للمدن المطلة على شواطئه فضلاً عن المواد النفطية وغيرها . ويحمل نهر الرون وحده حوالي 30 طن يومياً من المواد النفطية لتصب في البحر المتوسط فضلاً عن مصبات الانهار الاخرى وفضلات المدن ومصانعها لثمانية عشر دولة مطلة عليه.

ان تأثير الانسان في محيطه الحيوي وانظمته البيئية منذ ان تعلم الزراعة وحتى دخوله عصر الصناعة لم يكن ملموساً أو في تناقض مع طموحاته في سبيل حياة أفضل. وعندما دخل عصر الصناعة ومع تطور الامكانات العلمية والتقنية وبسرعة هائلة خاصة في العقدين الاخيرين من القرن العشرين بدأت معالم التناقض بالبروز وبشكل اكثر وضوحا ووصولاً الى حالة الازمة الحادة في علاقة الانسان ومحيطه الحيوي. وأزدادت هذه الازمة حدة مع التزايد الهائل في عدد السكان. وكما هو معروف فان الانسان فخوراً بأنجازاته العلمية وتقدمه التكنولوجي ولكنه هذا التقدم وما يصاحبه من انفجار سكاني هائل بدأ بالضغط على محيطه الحيوي ضغطاً متواصلاً مما نتج عنه مشاكل من ابرزها تلوث بيئته.

مصادر المياه

كما هو معروف فان مصادر المياه او منابعها تشمل المياه السطحية كالانهار والجداول والبحيرات والبحار والبحيرات فضلاً عن مياه الينابيع والمياه الجوفية ومياه الامطار . وتكون المياه السطحية هي الاكثر عرضه الى التلوث . كما ان استعمالها من قبل الانسان سيكون خاضعاً لعدة عمليات باهضة التكاليف بغية الحصول على مياه نقية صالحة للشرب واستعمالاته الاخرى . وتقدر كمية المياه القابلة للاستثمار اليشري بحدود 9000 كيلو متر مكعب ، 73% تستهلك للزراعة من مجمل المياه المسحوبة من الارض في العالم . علماً ان 4100 كيلو متر مكعب من موارد العالم من المياه تعود من اليابسة

الى البحر لموازنة كمية بخار الماء التي تنتقل من البحر الى اليابسة . كما تتدفق كمية تقدر بحوالي 27000 كيلو متر مكعب بشكل فيضانات عائدة الى البحر .

ولحساب حاجة سكان العالم الى المياه ، يمكن ان يلاحظ بان الاستهلاك العام للمياه في الولايات المتحدة الامريكية كقياس على سبيل المثال الذي يصل الى حدود 2000 متر مكعب في السنة معناه بان الحاجة الى اكثر من 100 مليار متر مكعب في السنة للعالم . وهذا يعني بان خمس منسوب الانهار التي تحمل سنوياً 40 الف كيلومتر مكعب من المياه العذبة الى البحار والمحيطات فانها بالكاد تكفي لسد حاجات جميع سكان المعمورة .

ويتضح ان المياه العذبة تشكل بحدود 2% من مجموع المياه في الكرة الارضية والتي معظمها (29 مليون كيلو متر مكعب) يتألف من الجليد القطبي الذي يصعب الحصول عليه والوصول اليه . لذا ما يبقى في متناول الانسان من مياه البحيرات والانهار هو بحدود 350 ألف كياو متر مكعب والمياه الجوفية بحدود 4 ملايين كيلو متر مكعب (تتراوح عمقاً عن السطح الى 800 متر). أما المياه الجوية (الامطار) فتقدر بحدود 13 ألف كيلو متر مكعب . وتقدر المياه الهاطلة المتوازنة مع التبخر تصل الى سطح الارض بحوالي 450 ألف كيلو متر مكعب في السنة منها 110 ألف كيلو متر مكعب تهطل على اليابسة . علماً بان ليس كل هذه المياه مهيأة للاستخدام من قبل الانسان في الوقت الحاضر.

كما ان كمية المياه الكافية للمواطن الواحد تقدر بحدود 30 متر مكعب في اليوم الواحد أي بمعدل 11 ألف متر مكعب في السنة . وفي الوقت نفسه هناك المجال للانسان ان يتنعم في بيئته ويمارس هواياته خارج المدينة في اوقات فراغه كصيد الاسماك والسباحة والاستجمام . ومن حسابات بسيطة يمكن التوصل بان يكون عدد سكان المعمورة محدوداً في 10 مليارات نسمة وهو مامتوقع ان يصل اليه في مطلع القرن الحادي والعشرين (2020 م) . وبعبارة اخرى ، لو استطعنا لن نستثمر فقط نصف المياه الجوفية المهيأة وتم الاعتماد على مايمكن جمعه من المياه الجارية السطحية مع الاخذ بنظر الاعتبار امكانات التكرير التي لاتتجاوز 40% لما كان في الامكانية لاكثر من 20 الف كيلو متر مكعب في السنة . ومقدار الاستهلاك بمعدل 2000 متر مكعب في السنة الواحدة (كما في الولايات المتحدة الامريكية مثلاً) . فلايسمح لنا ان نتصور عدد سكان

الكرة الارضية يتجاوز العشرة مليارات مالم توضع خطة يساهم فيها جميع البلدان في الاستهلاك الامثل للموارد المائية الصالحة للاستعمال وحمايتها من اخطار التلوث.

الاستعمالات البشرية للمياه

وتقسم المياه وفق صلاحيتها للاستعمالات البشرية المختلفة الى ثلاث انواع :

1. المياه النقية : ويستخدمها الانسان كمصدر لمياه الشرب والزراعة والصناعة .
2. المياه شبه النقية : وتحوي على قليل من الشوائب وقد تستخدم للحيوانات وتربية الاسماك وري الاراضي الزراعية وبعض الصناعات كأنشاء الطرق.
3. المياه الملوثة : وهذه المياه لاتصلح لمعظم الانشطة البشرية عدا بعض الحالات المحددة. حيث ان استخداماتها يؤدي الى ضرر ما .

ان استخدام الانسان للمياه كمصدر للشرب يشكل نسبة ضئيلة جداً بالنسبة الى الاستعمالات المنزلية الاخرى. وادناه بعض التقديرات لمختلف استعمالات المياه للانسان :

للشرب	**%1**
لطبخ الاطعمة	**%3**
غسل الملابس	**%13**
جلي الاوعية	**%13**
المرافق الصحية	**30 %**
للحمام والتواليت	**%40**

فضلاً عن ري الحدائق والمزروعات والحيوانات وغسل السيارات والتي لاتدخل في الحسابات المذكورة اعلاه حيث ان اكثرها يمكن استخدام مياه اقل جودة ، مما يحتاج الى اعادة النظر في شبكة توزريع المياه وفق الاستعمالات المختلفة .

وهناك استعمالات اخرى للمياه ومنها :

1. الاغراض الصناعية
2. الاغراض الزراعية كري المزروعات وسقي الحيوانات
3. توليد الطاقة الكهربائية
4. وسيلة للتنقل والتجارة
5. الاغراض الترويحية

لكن يبقى في الاولوية للاستعمالات البشرية هو مصدراً لمياه الشرب لذا وضعت مقاييس ومعايير عالمية تحدد صفات ومكونات المياه للاستعمالات المختلفة وفق تلك الاستعمالات . ففي حالة استعمال المياه كمصدر للشرب فان مكوناته بالتأكيد ستختلف عن باقي الاستعمالات وكما يجب ان يتم التأكد من مكوناته والحدود المسموح لها بصورة دقيقة وكما مبين في الجدول (4−1).

الجدول (4−1) معيار منظمة الصحة الدولية لمياه الشرب(الصحاف 1976 و1971 Lund)

المواصفات	الحد المسموح (ميلغرام باللتر)	الحد الاعلى (ميلغرام باللتر)	المواصفات	الحد المسموح (مليغرام باللتر)	الحد الاعلى (ميلغرام باللتر)
الطعم	لايوجد	لايوجد			
اللون	لايوجد	لايوجد	البروم	0.5 >	1
درجة تركيز الهيدروجين	7−8.5	6.5−9.3	الحديد	0.3	1
الرواسب العالقة	250	750	المنغنيز	0.1	0.5
الكدرة	5	25	الرصاص	−	0.1
الطلب الكيمو حيوي للاوكسجين	3	4	االزرنيخ	−	0.05
الكلور	200	650	السيانيد	−	0.05
الكبريتات	200	400	السيلنيوم	−	0.01
الكالسيوم	75	200	الكادميوم	−	0.01
المغنيسوم	50	15	الزئبق	−	0.001
النحاس	1	15			

تلوث مياه المناطق البيئية

لاجل دراسة تلوث البيئة المائية لابد وان يتم تناول المناطق البئية المختلفة ومناقشة كل ما يتعلق بموضوع تلوث مياهها ومصادره وغيرها . ومن هذا المنطلق سيتم تناول ثلاثة مناطق بيئية وهي :

1. المياه العذبة
2. المياه الجوفية
3. مياه البحار والمحيطات

اولاً : المياه العذبة Fresh water

وتعد المياه العذبة كالانهار والبحيرات من اهم المياه بالنسبة لحياة الانسان رغم ان كميتها قليلة جداً (لاتتجاوز 2%من مجموع المياه في الكرة الارضية) فان الانسان يعتمد عليها كمصدر اساسي لاستعمالاته في الشرب و الاستعمالات المنزلية الاخرى والزراعة والصناعة .

ملوثاتها

ومن اهمها :

1. فضلات المجاري المنزلية:

عند عدم معاملة فضلات المجاري المنزلية فسوف تكون مصدراً للمواد الملوثة لبيئة المياه العذبة وذلك لما تحمله من مواد مختلفة وتشمل ما يأتي :

أ . **الفضلات المستنفذة للاوكسجين** : وتشمل المواد العضوية الذائبة والمواد العالقة التي تعمل على استهلاك الاوكسجين المذاب في الماء نتيجة لتفاعلات وتحلل المواد العضوية كالفضلات البشرية والحيوانية . لذا يزداد الطلب على الاوكسجين مما يؤثر في حياة الاسماك وبقية الاحياء المائية بحرمانها من الاوكسجين المذاب. وتشمل المواد العضوية كل من المواد الرئيسة الثلاث وهي الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات. وقد وجد بان 110 غرام من المادة العضوية يحتاج 54 غراماً من الاوكسجين. ويطرح الانسان بصورة عامة في اليوم الواحد 90 غرام مواد برازية و 1200 غرام بول و 74.7 غرام مواد صلبة منها 54 غراماً مواد عضوية و 20.7 مواد غير عضوية. كما ان الفضلات العضوية قد تشجع على نمو انواع مختلفة من الاحياء المائية .

ب . **المواد المترسبة** : وتشمل المواد العضوية واللاعضوية التي تستقر في القعر . وسوف تقوم المواد العضوية بازالة الاوكسجين عند تكسيرها أو تحللها كما ذكر في اعلاه. وتبقى المشكلة اكبر في حالة وجود المواد التي لاتحلل بسرعة خاصة المواد السمية. في حين ان المواد العضوية المتحللة تستضيف للبيئة الاملاح المغذية (المغذيات أو المخصبات Nutrients) التي بدورها تفيد في نمو النباتات بضمنها الطحالب .

جـ . **الاملاح المغذية** : خاصة المواد النتروجينية والفوسفورية التي تعد من المغذيات النباتية الرئيسة . وتؤدي أي ظاهرة الاثراء الغذائي Eutrophication حيث يزدهر نمو النباتات خاصة الطحالب وقد يكون النمو عالي بدرجة غير مرغوب فيها مما يؤدي أي احداث خلل في التوازن البيئي مما يسبب مشكلة اضافية في تصفية المياه عند استعمالها كمصدر للشرب أو قد يسبب تلوثاً للبيئة المائية حيث ان الكتلة الحية لهذه الطحالب المزدهرة النمو بعد موتها سوف تستنفذ الاوكسجين المذاب مما يصعب نمو الاحياء المائية الاخرى عندئذ. علماً بان التراكيز العالية للنترات في مياه الشرب قد يسبب مرض الزرقة عند الاطفال ويقلل من انتاجية الحيوانات. لذا فان الحدود المسموح بها للنترات في مياه الشرب لاتتجاوز عن 10 مليغرام من النترات في كل لتر.

د. **المواد الطافية على السطح** : وتشمل المواد العضوية واللاعضوية و كذلك العالقة في عمود الماء حيث تسبب تداخلاً في نفاذية الضوء فضلاً عن تأثيرهافي عملية التنقية الذاتية لهذه المياه.

هـ. **مسببات الامراض** : حيث تعد المجاري وفضلات الحيوانات من اهم المصادر لمسببات الامراض التي تشمل البكتريا والفيروسات والطفيليات. وتكون فضلات المجاري مكاناً جيداً لانتقال الامراض الشائعة كالتيفوئيد والكوليرا والحمى المائية والحمى الصفراء والبلهارزيا والزحار وغيرها . وقد وجد بان مياه المجاري المنزلية تحتوي على عدد من الجراثيم أو البكتيريا المرضية Pathogenic bacteria أو الطفيليات منها :

أ . عصيات الحمى التيفودية Typhoid bacillus

ب. العصيات الزحارية Shigella

ج . بويضات ديدان الاسكارس Ascaria ova

د. طفيليات الانكسترما والبلهارزيا

هـ. ميكروبات امراض اخرى Other pathogenic organisms

و . المنظفات الاصطناعية وما شاكلها : وقد ظهر التلوث خلال السنوات القليلة الماضية في المساكن او المراكز الصناعية ويكون في ثلاث حالات :

1. في حالة عدم تكسير المنظفات حيوياً فانها سوف تقوم بعمل الرغوة في المياه مما يتداخل في كمية الاوكسجين المذاب .
2. المحتوى الفسفوري للمنظفات الذي يقود الى ظاهرة الاثراء الغذائي والتي قد تقود الى تلوث المياه .
3. السمية المباشرة من المواد غير المكسرة من المنظفات .

كما تقوم المطهرات بتقليل قوة الامتداد السطحي للمياه من معدلها الاعتيادي (72 داين بالسنتمتر) الى 50–60 داين بالسنتمتر . كذلك تقلل لزوجته بحدود 10% في تركيز 50 مليغرام باللتر ، وهي مواد لاتختلط مع غيرها فضلاً عن مساوئ اخرى مثل تخفيض قدرة اكسدة المياه وكذلك اعطاء رغوة تمنع عمل البكتريا في محطات التنقية البايولوجية .

وهناك ثلاث فئات من المطهرات أو المنظفات وهي :

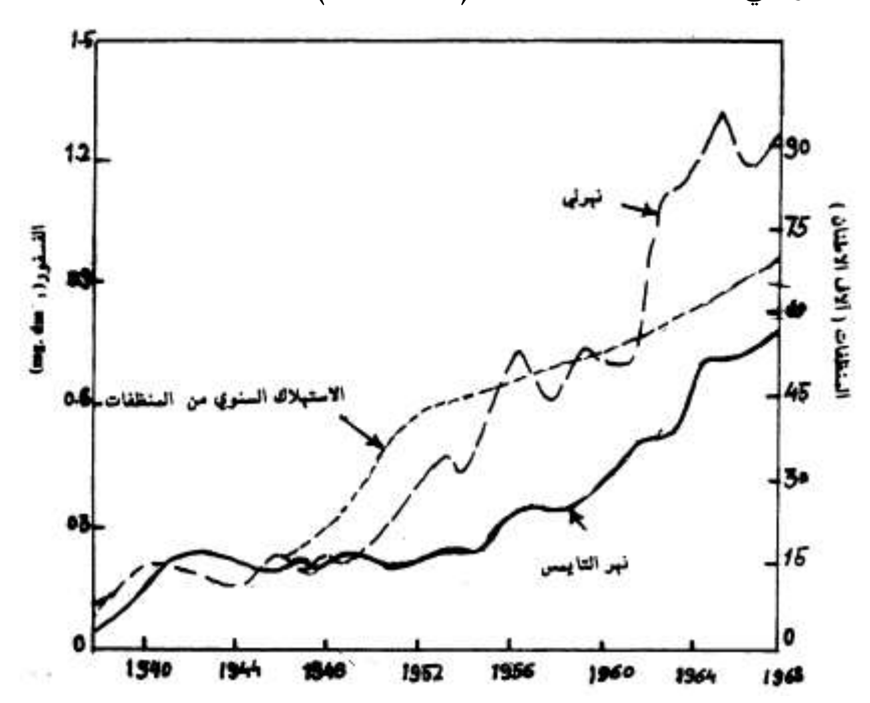
1.سالبة التأين: مثل ABS وهي اختصار Alkyl Benzene Sulfanate وهي الاكثر استعمالاً.وتكون صعبة التحلل وسامة للاسماك بتركيز 7.6مليغرام باللتر. ونادراً ماتصل مثل هذه التراكيز في المجاري حيث وجد بان تركيزه بحدود 1 مليغرام باللتر .

2.موجبة التأين:وتستخدم ضد البكتريا وهي خطرة بتراكيز بضعة ميلغرامات في اللتر.

3.غير المتأينة : كالمنظفات المختلفة الشائعة الاستعمال.

ومع وجود معاملة لفضلات المجاري المنزلية قبل رميها الى الانهار أو المسطحات باختلاف انواعها. وقد تؤدي هذه المنظفات الى تكون رغوة في المياه حيث 1–5 جزء بالمليون يكون كافياً منها لتكوين الرغوة . ولاتعد هذه الرغوة سامة الى الاحياء المائية الا انها تقلل من كمية الاوكسجين المذاب . وحديثاً تم التوصل الى صناعة منظفات لتجاوز مشكلة تكون هذه الرغوة حيث ان المركبات الجديدة تتكسر أو تحلل بوساطة البكتريا الموجودة في مياه المجاري.

وتحوي المنظفات كميات كبيرة من الفوسفات التي ترمى الى الى المياه وهي المشكلة الكبيرة في العقود القليلة الماضية (شكل 4–2) .



الشكل (4-2) : مقارنة بين نهرين من ناحية احتوائها على الفوسفات مع الاستهلاك السنوي للمنظفات بين عامي 1940 –1968 (Mellanby 1980)

مما جعل بعض الدول الى انتاج المنظفات ذات كميات اقل من الفوسفات . وقد منعت بعض الولايات من الولايات المتحدة الامريكية استخدام المنظفات الغنية بالفوسفات والتي تعتبر اكثر فاعلية في تنظيف الملابس .

وهناك محاولات جادة لانتاج مسحوق للغسيل حاو على كمية قليلة من الفوسفات. كما ان المنظفات البايولوجية Biological washing powder الحاوية على الانزيمات لاتسبب مشكلة تلوث خطيرة لكنها قد تؤدي الى بعض المخاطر للعاملين في المصنع الذي ينتجها .

2. فضلات الصناعة :

تحوي الفضلات الصناعية اساساً على المواد الاتية:

أ. **مواد طافية** : كالزيوت والدهون والرغوة ، وهذه المواد تشوه منظر المياه وتتلف الكساء الخضري عند الشواطئ وتسمم الاحياء المائية وتعيق تهوية الماء وتقلل من تخلل الضوء الى عمود الماء .

ب. **مواد عالقة** : وهي المواد التي تبقى عالقة ضمن عمود الماء لاتترسب_الا ببطء شديد وتسبب الكدرة خاصة في الانهار ومصابتها وما ينتج عن ذلك من تأثير سلبي في حياة الاحياء المائية .

ج. **مواد مذابة** : كالاحماض والقلويات والمعادن والمبيدات الحشرية والسيانيد والفينول وغيرها والتي تشل الاحياء المائية فضلاً عن تغير الطعم والرائحة وتستهلك الاوكسجين الذائب.

انواعها :

ان الفضلات الصناعية تشمل انواعاً متعددة من الملوثات وتختلف بأختلاف نوع الصناعة. واذا ما اخذ بنظر الاعتبار المواصفات الفيزياوية والكيمياوية والحيوية للفضلات الصناعية فانه يمكن تقسيمها حسب تأثيرها على الصفات المختلفة للمياه وكما يأتي :

أ . الملوثات الفيزياوية : وتشمل الصفات الاتية :

1. **اللون** : حيث ان هناك مواد كيمياوية مختلفة تسبب في تغير لون المياه كما هو الحال من مخلفات مصانع الورق والاصباغ . وتغير اللون يؤثر سلباًمن الناحية البيئية في تحلل الضوء فضلاً عن تغير الطعم .

2. **الطعم والرائحة** : ان مصدر الروائح المنبعثة اساساً من الغازات المذابة مثل كبريتيد الهيدروجين والمركبات العضوية المتطايرة خاصة في المسطحات المائية ذات التصريف البطئ . أما الطعم فانه بسبب وجود بعض المواد الكيمياوية كالاملاح المذابة مثل املاح الحديد والمنغيز والزنك والصوديوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والنحاس فضلاً عن وجود المواد العضوية .
3. **الكدرة Turbidity** : يتأثر المسطح المائي بوجود المواد العالقة التي مصدرها من الفضلات الصناعية التي تزيد كدرته مثل دقائق المواد الطينية والغرينية مما يقلل تخلل الضوء في عمود الماء الذي يؤدي الى تقليل عمق الطبقة الضوئية المنتجة . كما ان المياه الحاوية على 500 جزء بالمليون واكثر من الطمى لها تأثير مهيج على الجهاز الهضمي للانسان ايضاً .
4. **درجة الحرارة** : حيث ترمي بعض المصانع مخلفات سائلة ذات درجات حرارة عالية مما يؤدي الى موت عدد من الاحياء المائية او تؤثر في اداء العمليات الايضية ويدعى هذا النوع من التلوث بالتلوث الحراري.

ب. الملوثات الكيمياوية : وتشمل الصفات الاتية :

1. **درجة تركيز الهيدروجين pH** : تتأثر المياه بما تطرحه المصانع من مواد كيمياوية ذات طبيعة حامضية او قاعدية عالية مثل معامل انتاج الاسمدة ومصافي وتكرير النفط ومعامل انتاج الزيوت النباتية مما ينتج عنه تغير في مديات درجة تركيز الهيدروجين المسموح بها (الجدول 4-1). مما يؤثر في حياتية الاحياء المائية في المسطح المائي فضلاً عن جعل المياه غير صالحة للاستهلاك البشري كمصدر لمياه الشرب . ومصدر اغلب المياه الحامضية هو من مناجم الفحم الحجري حيث تتلوث مناطق واسعة من الانهار القريبة ويمكن ان تكون مياه الصرف قلوية لكن الحمضية هي الاكثر خطورة وتتضمن اصلاً اكسدة كبريتيد الحديد وتكون سلسلة من التفاعلات وانتاج الكبريتات وحامض االكبريتيك واكاسيد الحديد التي لها تأثيراتها في البيئة والاحياء المائية .
2. **المواد العضوية** : هناك عدد من المصانع مثل معامل الورق ومعامل تعليب المواد الغذائية ترمي فضلاتها الحاوية على مركبات عضوية مما تقلل من كمية الاوكسجين المذاب عند تكسيرها وتحللها من قبل المحللات كالبكتريا والفطريات . ولهذه المخلفات اوجه مختلفة من التلوث هي :

أ . السمية .

ب. الطلب الكيموحيوي للاوكسجين Biochemical oxygen demand .

جـ . المواد الصلبة العالقة .

د . اللون .

فمثلا تكون السمية لمخلفات عجينة الورق مرافقة مع المركبات التي تحتوي على الكبريت والتي تنتج من عملية هضم الخشب والمركبات الفينولية المكلورة Chlorinated الناتجة من عملية قصر العجينة والورق. ويعد الطلب الكيوحياتي للاوكسجين من مميزات عجينة الكبريدات ($So_3^{=}$) Sulphite غير المعاملة وقد تؤدي الى موت الاحياء المائية في البيئة ذات الطلب العالي للاوكسجين .لذا فان الطلب الكيموحياتي للاوكسجين يستخدم كاحد الادلة للتلوث العضوي للمياه ويمكن تصنيف الانهار وحسب قيمة هذا الطلب BOD والذي عادة يحسب بعد خمسة ايام (BOD_5) وكما يلي :

تصنيف الانهار	BOD_5 (جزء بالمليون)
نظيف جدا	1 أو اقل
نظيف	2
نظيف الى حد ما	3
مشكوك في نظافتة	5
رديء	10 أو اكثر

وقد تتجمع اجزاء صلبة من مخلفات عجينة لمعمل الورق في الاحواض الطينية وهذه تشجع استهلاك الاوكسجين كما تكون احيانا غازات بغيضة ويكون لها تاثيرات غير مرغوبة بالمجمعات القاعية Benthic population .

ويشجع التلوث بالمواد العضوية نمو البكتريا والفطريات التي بدورها تمتص الاوكسجين وتقلل من تركيزه في المياه. وبمعنى اخر فان المياه ذات الطلب الكيموحياتي للاوكسجين اعلى يكون ملوثا بالمواد العضوية اكثر من تلك المياه ذات الطلب القليل. وفي حالة قلة الاوكسجين في البيئة المائية فانه يشجع على نمو بعض الاحياء المائية ذات المقاومةالعالية للعيش في مثل هذه البيئة مثل الديدان العديدة الاهداب Tubifex. وكنتيجة لذلك فان تغيرا سيطرأ على تركيبة المجتمع في ذلك المسطح المائي. وتعد الاسماك الثعبانية من الاسماك المقاومة لهذا التلوث في حين تعد اسماك التراوت من اقلها قابلية. لذا تعتبر اسماك السلمون والتراوت الحساسة لمثل هذا التلوث كادلة بايولوجية لذلك

Biological indicators ، فعند تواجدها يستدل بان هذه المياه غير ملوثة وصالحة لاغلب الاغراض .

وعند تحلل المواد العضوية بوساطة البكتريا والفطريات وبعد موت هذه الاحياء فسوف تتجمع كميات من المركبات غير العضوية في ذلك المسطح المائي والتي تعتبر مواد مغذية للنباتات Plant nutrients والتي تدعم نمو النباتات ونشاطه وطرح الاوكسجين كاحد النواتج الرئيسة لعملية البناء الضوئي التي تقوم بها هذه النباتات مما يزيد مرة اخرى من تركيز الاوكسجين المذاب. ويطلق على هذه الحالة بالتنقية الذاتية Self purification لذلك المسطح.

ان التلوث بالمواد العضوية سوف يزيد من عدد الاحياء الدقيقة لذا سوف تنشا مجمعات في القاع للمناطق الملوثة من الاحياء الدقيقة بما يعرف بفطريات المجاري Sewege fungus الذي تظهر كنمو فوق سطح القاع بالوان بيضاء او قهوائي فاتح وهي مجمعات لاحياء متنوعة وليس فطريات فقط فهي تشمل احياء اخرى(جدول4−2). وعادة يكون نوعي البكتريا *Sphaerotilus natans* و*Zoogloeal bacteria* هما الانواع المتغلبة.

3. المعادن الثقيلة Heavy metals : ويقصد بالمعادن الثقيلة هي تلك المعادن التي ارقامها الذرية اعلى من الرقم الذري للحديد (59) . او التي تمتلك كثافة اكثر من 5 غرام بالمليلتر. ومن وجهة نظر تلوثها الى البيئة قسمها العلماء الى ثلاثة مجموعات تبعا الى سميتها وجاهزيتها وهي :

أ. عناصر غير خطرة Non critical elements وتضم :

Na K Mg Ca H O C P Fe S Cl Br F Li
Rb Sr Al Si N

ب. عناصر سامة لكن ليست ذائبة او ذائبة بشكل قليل جدا وتضم :

Ti Zr Nb Re Ga Os Ir Ba Hf W Ta La Rh
Ru

الجدول رقم (4−2) : الكائنات الحية المثالية التي تتواجد في مجمع فطريات المجاري (Mason 1981)

المجموعة	الانواع
البكتريا	***Sphaerotilus natans*** ***Zoogloeal bacteria*** ***Beggiatoa alba*** ***Flavobacterium sp.***
الفطريات	***Geotrichum candidum*** ***Leptomitus lacteus***
البروتوزوا	***Colpidium colpoda*** ***Colpidium campylum*** ***Chilodonella cucullus*** ***Chilodonella uncinata*** ***Cinetochilum margaritaceum*** ***Trachellophyllum pusillum*** ***Paramecium caudatum*** ***Paramecium trichium*** ***Uronema nigricans*** ***Hemiophrys fusidens*** ***Glaucoma scintillans*** ***Carchesium polypinum***
الطحالب	***Stigeoclonium tenue*** ***Navicula* spp.** ***Fragilaria* spp.** ***Synedra* spp.**

ج. عناصر سامة جدا وسهلة المنال نسبيا Relatively accessible

Be Se TI Zn Cd As Hg Cu Ag Bi Au Ni Pd
Sb Pt Co Te Pb Sn Mn

ويلاحظ في المجموعة الثالثة بان العناصر الثقيلة كل من المنغنيز والنحاس والزنك هي من العناصر الغذائية الصغرى الاساسية Essential micronutrients التي تحتاجها الاحياء المائية ويمتصها النباتات بكميات ضئيلة لذا يطلق عليها معادن نزرة Trace metals ، لكن تكون سامة في تراكيز عالية . والمعادن الاخرى مثل الزئبق والرصاص التي لا يحتاجها النباتات كمغذيات فهي سامة في تراكيز واطئة (10−50 مايكروغرام باللتر). وتختلف درجة السمية بالمعادن الثقيلة حسب نوع المعدن وكميته في المياه ونوع الطحالب وبصورة عامة يكون ترتيب سمية المعادن على الطحالب كالاتي :

. Zn < Pb <Ag < Cd< Cu< Hg

وتعتبر عدد من المصانع مصدرا في مخلفاتها للمعادن الثقيلة ذات التاثيرات الضارة والسامة للاحياء المائية خاصة تلك التي تتركز في اجسامها هذه المعادن. فعنصر البورون يكون ساما بتركيز مقداره مليغرام واحد باللتر او اكثر, رغم كونه من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات لكن بتراكيز قليلة . والكادميوم المستعمل في صناعات النحاس والرصاص والفضة يعتبر ساما وقد يسبب امراضا سرطانية . كما ان الزئبق والرصاص ذات تاثيرات سامة خاصة عند تراكمها في اجسام الاحياء المائية وصولا الى الاسماك . وعند تناول الانسان لها فان تاثيرات الرصاص مثلا فانه يؤدي الى خلل في الدماغ والعقم .

وتضم بعض فضلات الصناعات الكيمياوية عدة مصادر ثقيلة كالزئبق والرصاص مثل ثنائي الفنيل متعدد الكلور Polychloro biphenyls ومركبات الكلور العضوية التي تستخدم كمبيدات للحشرات Organochlorine insecticides.

ان الزئبق وكما ذكر في اعلاه يعد من الاكثر سمية للطحالب وكذلك لبقية الاحياء المائية. فانه يستعمل في بعض الصناعات كصناعة الورق التي تستعمل مشتقات الزئبق العضوية ضد نمو البكتريا وصناعة بعض الادوات الكهربائية ومصانع البلاستك حيث يستعمل كحافز في عمليات صناعة المصوغات الذهبية والصناعات الصيدلية .

ويعتبر الكادميوم المستعمل في صناعة البلاستك وصناعة الطلاء الكهربائي خطرا كذلك ولو بنسب ضئيلة . فقد وجد في اليابان بانه يشكل 4% في الكبد و 22.4 % في كليتي احدى العاملات التي اشتغلت مدة عشرة سنوات بتحضير الكادميوم . وينقل

هذا المعدن بوساطة مياه الري التي مصدرها من الانهار الملوثة به لذا نجده في بعض المنتوجات الزراعية كالرز بصورة خاصة لطبيعة نموه بشكل مستمر مغمورا بالمياه .

وقد تنساب المعادن المنجرفة من التربة بفعل الامطار الحامضية الى الانهار او البحيرات وتهدد الحياة المائية خاصة الاسماك التي تتاثر بسرعة خاصة من سموم عنصر الالمنيوم حيث تتجمع في خياشيم الاسماك وتؤدي الى موتها . وتسبب الامطار الحامضية وجود ثنائي اوكسيد الكبريت واكاسيد النتروجين المختلفة التي تنبعث من مداخن المعامل كمصانع صهر المعادن وصناعة السيارات والبراكين وحرائق الغابات والافران التي تستعمل النفط الردىء او الفحم الحجري الحاوي على نسبة عالية من الكبريت الذي يستخدم في محطات توليد الطاقة . وهذا النوع من الفحم يحرر حوالي 100 كيلو غرام من غاز ثنائي اوكسيد الكبريت عند حرق طن واحد منه . كما ان حامضية المطر تنتج من ذوبان غاز ثنائي اوكسيد الكربون الموجود في الجو مكونا حامض الكربونيك وتصل حامضية المطر الاعتيادي بحدود pH 5.6 وبعض الحالات تصل الى 4.2 .

4. الاملاح المغذية : تطرح بعض الصناعات عددا من الاملاح التي تعد من المغذيات النباتية Plant nutrients لكنها قد تكون مصدرا لتلوث المياه العذبة في تراكيز معينة ومن هذه الاملاح ما يلي :

أ. **النترات والنتريت :** كما هو معروف فان زيادة هذه الاملاح النتروجينية سيؤدي الى ازدهار النباتات ومنها الطحالب في ذلك المسطح المائي . هذه الزيادة تشكل احيانا تغيرا ملحوظا في النظام البيئي الذي هو بحد ذاته ظاهرة طبيعية تدعى الاثراء الغذائي Eutrophication التي قد تقود الى تلوث المياه .كما ان زيادة هذه الاملاح تسبب امراضا فسيولوجية عند بعض الاحياء .فعند تفاعل النتريت مثلا مع صبغة الهيموكلوبين التي تنقل الاوكسجين في الدم ينتج عنه مركب اقل كفاءة في نقل الاوكسجين مما يثبط نشاط ذلك الحيوان . كما ان وجود كميات من النترات تزيد عن 10 مليغرام باللتر في المياه يسبب زرقة الاطفال Infant metheamoglobimea ، حيث تتحول النترات في الجهاز الهضمي الى نتريت وهذا بدوره يتحد مع هيموكلوبين الدم ليعطي مركب الميثوموكلوبين المسبب لزرقة عند الاطفال .

ب. **الامونيا :** وتطرحه بعض المصانع كمادة عرضية مثل تقطير الفحم .وتتاثر بعض الاحياء المائية بتراكيز قليلة منها (بحدود مليغرام واحد لكل لتر) , خاصة الاسماك .

ج. **الكبريتات** : ان مصدر املاح الكبريتات في المياه هو من عدد من الصناعات مثل صناعة الاسمدة والورق وتكرير النفط . والحد المسموح منه في المياه لايتجاوز 250 مليغرام باللتر . كما ان لاملاح الكبريتات والمغنسيوم تاثيرا مسهلا للانسان .

5. **النفط** : ومصدره من كافة الصناعات النفطية مثل عمليات التكرير والتصفية وغيرها. ويعطي النفط او مشتقاته طعماً غير مقبول او مستساغ للاسماك والاحياء المائية الاخرى عند تناولها كطعام للانسان كما يحدث في الاسماك الاقتصادية كالشبوط والبني والكطان والكارب. واشارت بعض الدراسات بان التلوث بالنفط قد يؤدي الى بعض الضواهر السرطانية. كما انه يؤدي كذلك الى تقليل نسبة الاوكسجين الذائب في المياه كنتيجة استعماله من قبل الاحياء الدقيقة التي تعمل على تكسير النفط وتحلله مع مشتقاته .

6. **المواد الاشعاعية** : وتطرحها بعض الصناعات مثل المفاعلات النووية والتي تؤثر سلبا في نمو الاحياء المائية.

ج. **الملوثات الحيوية (البايولوجية)** : ويقصد بهذه الملوثات التي تشمل ما تطرحه الصناعات المختلفة من فضلات تضم الجراثيم والاحياء التي تسبب الامراض والضرر في الاحياء المائية مثل انواع البكتريا المرضية والطفيليات المعدية والميكروبات الاخرى وكما هو الحال في فضلات بعض الصناعات مثل معامل الدباغة والجلود والمجازر والصناعات الغذائية المختلفة من ضمنها صناعة الالبان ومعامل تعليب الاغذية، فضلاً عن فضلات المؤسسات الصحية .

3. فضلات العمليات الزراعية

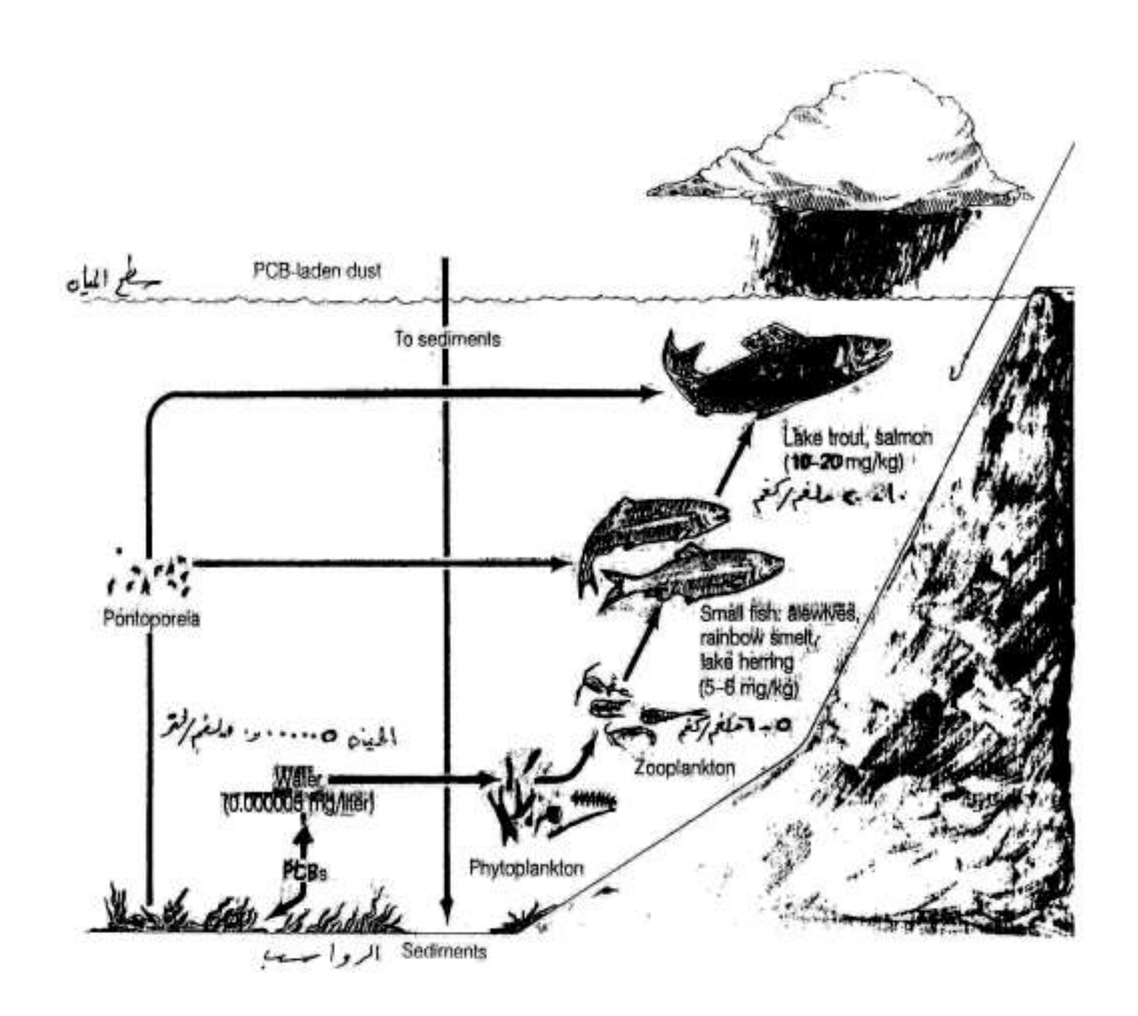
وتشمل أساسا مصدرين للملوثات وهما عمليات التسميد للمحاصيل الزراعية المختلفة والمبيدات المستخدمة .

أ. **عمليات التسميد للترب الزراعية** : ان اغلب المحاصيل الزراعية فضلا عن البساتين تحتاج الى السماد الكيمياوي الذي يحوي بصورة رئيسية كل من املاح الفوسفور والنتروجين . ومن خلال استخدام هذه الاسمدة الكيمياوية فيلاحظ بان وصول جزءا منها خلال مياه الري والصرف في الترب المجاورة للمسطحات المائية كالانهار والبحيرات . لذا يمكن تلوث هذه المسطحات مباشرة من خلال زيادة تراكيز الاملاح وحسب الكميات التي تصلها . وفي نفس الوقت اذا ما اخذ بنظر الاعتبار بان ما يصل الى هذه المسطحات اساسا عنصري النتروجين والفسفور اللذان يشكلان العناصر الرئيسية للمغذيات النباتية فان

النباتات المائية ومنها الطحالب ستزدهر ويزداد نموها وانتشارها الذي يؤدي الى ظاهرة الاثراء الغذائي Eutrophication والتي كما اشير لها سابقا بانها ظاهرة طبيعية ولكن قد تقود الى ظاهرة تلوث باعتبار ان هذه الكتل الحيوية من الطحالب بعد موتها ستقوم باستهلاك كميات كبيرة من الاوكسجين المذاب مما يؤدي الى تقليل او استهلاك كل الاوكسجين مما يؤدي الى توفر ظروف لا هوائية تحدد من نمو الاحياء المائية الاخرى وتؤثر في تركيبة النظام البيئي .

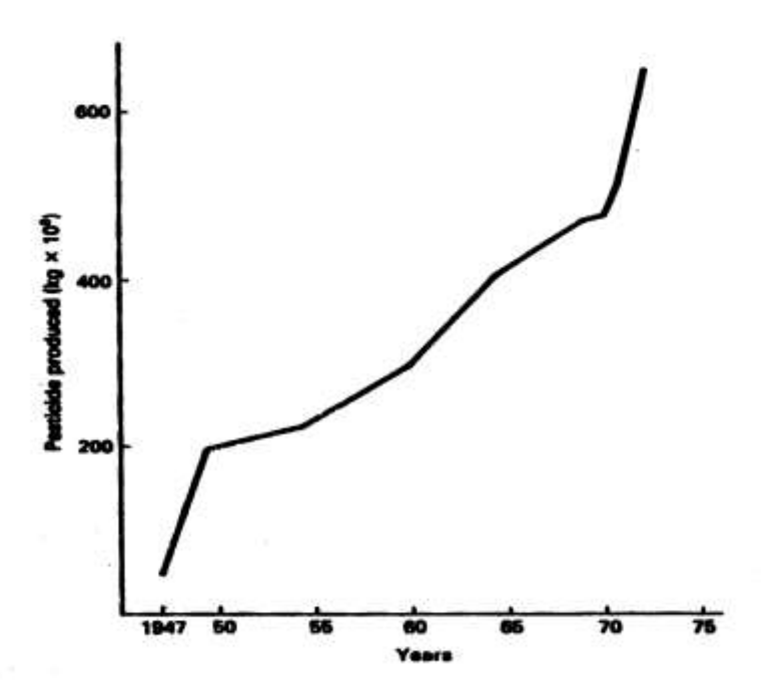
ب. **المبيدات العضوية :** وتستخدم انواع مختلفة من المبيدات العضوية في مكافحة الآفات الزراعية . لذا فان تلوث البيئة المائية بالمبيدات قد ياتي من خلال عملية التصنيع او التغليف او عمليات استخدامها في مكافحة الافات الزراعية وتصل هذه الملوثات مباشرة الى المياه السطحية حيث تؤثر في نشاط بعض الاحياء المائية كاللافقريات مثل الروبيان والمحار في تراكيز من المبيدات الزراعية لاتتجاوز عن 0.4 جزء بالمليون .

ان استعمالات المبيدات العضوية قد ازداد سنة بعد اخرى في مقاومة الافات الزراعية بعد ثبوت نجاحها الملموس في القضاء على الادغال او الاعشاب الضارة للمحاصيل الزراعية والحد من الحشرات الناقلة للعدوى المرضية باستعمال المبيدات العضوية الحشرية للوصول الى ظروف صحية افضل . وادت الاستعمالات المختلفة للمبيدات العضوية التي ازدادت بشكل ملحوظ منذ الاربعينات الى تلوث عدد من مصادر المياه السطحية بالمركبات السامة وذلك من خلال طريق بزل مياه الترب الزراعية المعالجة بهذه المبيدات او عن طرق الرش بالطائرات او عن طريق اضافة هذه المبيدات مباشرة الى المسطحات المائية لمقاومة الحشرات او الادغال Weeds والاعشاب غير المرغوبة . وقد شاع استعمال عدد من المبيدات منها دي دي تي DDT والاندرين وميثوكسي كلور والتوكسافين والبارثيون وخامس كلوريد الفينول وزرنيخيت الصوديوم والكلوردين وسوبر أسايد وفوسكوتون وفاليزان واكرو سايد والتربتون والديازيتون ونوفان وغيرها . وتمتاز بعض المبيدات بثبات كيمياوي عال وتبقى لمدة طويلة في البيئة مثل المبيدات الحشرية التي تعود الى مجموعة الهيدروكابونات (الكرابين المهدرجة) المكلورة والمبيدات الفطرية الزئبقية حيث انها تتجمع في انسجة الكائنات الحية وتنتقل في السلسلة الغذائية. ويزداد تركيز المبيدات من مستوى اغتذائي الى اخر وصولا الى الاسماك والتي عندها يكون الخطر عند تناولها الانسان في غذائه الشكل (4–3) .



الشكل (4-3) : تجمع المركبات العضوية المتعددة الكلور ثنائية الفينول (PCB) في السلسلة الغذائية وصولاً الى اسماك السلمون والتراوت في بحيرة ميشيغان في الولايات المتحدة الامريكية. يلاحظ بان تراكيز هذه المركبات في الاسماك يصل الى اكثر من مليون مرة بالمقارنة مع تراكيزها في المياه (Morgan et al. 1993)

وتتفاوت الدول في استعمالها للمبيدات العضوية نوعيا وكميا وعلى سبيل المثال يصل استعمالها في الولايات المتحدة الامريكية الى اكثر من 500 الف طن سنويا (الشكل 4-4).



الشكل رقم (4-4) : يبين الكمية التقديرية المنتجة من مبيدات الافات (Pesticides) في الولايات المتحدة الاميريكية . (Mason , 1981)

ويصل استخدام بعض الاقطار العربية بضعة الاف من الاطنان من تلك المواد. فضلا عن استخدامات واسعة لمبيدات الادغال للتخلص من النباتات المائية المتجمعة في الانهار وفروعها التي تؤثر في مكونات البيئة المائية العذبة حيث تتاثر الاحياء المائية في مستويات اغتذائية مختلفة . كما ان استخدامات المبيدات الحشرية ومبيدات الفطريات التي تستعمل في ابادة الحشرات والفطريات في الحقول الزراعية قد تصل الى المسطحات المائية المجاورة بصورة مباشرة او غير مباشرة من خلال السيول والبزل .

وقد استخدمت بعض الدول مبيدات لمكافحة بعض الاسماك كالمبيد توكسافين وانتيمايسين وثلاثي فلوريد مثيل نيرتروفينول وهذا الاخير مستخدم للسيطرة على يرقات ثعابين البحر. بالاضافة الى تواجد هذه المبيدات في عمود الماء فانها تتجمع مع المواد المترسبة في قاع الانهار او البحيرات مما يؤثر سلبيا في نمو البكتريا والفطريات التي تقوم بتحلل المواد العضوية في القاع. ووجد بان نشاط الاحياء المجهرية يتاثر بتراكيز من المبيدات لاتتجاوز 0.4 جزء بالمليون وكما هو الحال في الاحياء المائية الاخرى كالمحار

والروبيان . علما بان الاسماك تعد من اكثر الاحياء المائية حساسية لوجود المبيدات.وحتى التراكيز القليلة فانها توثر في نمو الاسماك وتكاثرها فضلا عن قتل اعداد كبيرة من الصغار وتاثر بعض الفعاليات الحيوية الانزيمية مما يجعل الاسماك اكثر حساسية للاصابة بالامراض . كما ان الاسماك الملوثة بالمبيدات تكتسب طعما غريبا غير مستساغا مما يقلل من قيمتها الاقتصادية . وقد لوحظ ان التراكيز غير القاتلة من مادة دي دي تي يحدث بعض التغيرات في بعض التصرفات السلوكية لبعض الاسماك مما يؤثر في كفاءتها في التغذية ونشاطها في السباحة . ويعد الروبيان من الاحياء المائية الحساسة جدا حتى للتراكيز القليلة جدا من المبيدات .

ان المياه الملوثة بالمبيدات تكتسب هي الاخرى طعما ورائحة غير مستساغة خاصة عند استعمالها كمصدر لمياه الشرب وفي حالات كثيرة يكفي ان يصل تركيز المبيدات الى 0.005 مليغرام باللتر لكي تظهر هذه الحالة . لذا قد يضطر المستهلك الى استخدام مصادر اخرى للمياه التي قد لا تتوافر فيها الشروط الصحية مما يزيد من احتمال انتشار الامراض .

وقد لا تسبب التراكيز الموجودة للمبيدات في المياه الى ضرر مباشر على المستهلك ولكن الاثر التراكمي أي زيادة تراكيزها في الانسجة الدهنية والكبد قد يؤدي الى اضرار . واوضحت بعض الدراسات بان مادة السفين تحدث تغيرات في تشريح بعض الانسجة الداخلية.

4. التلوث الحراري Thermal pollution

كما هو معروف فان للكائنات الحية مديات ضيقة من درجات الحرارة .وتمكنت حيوانات ذوات الدم الحار كالطيور واللبائن ان تطور عملياتها الحيوية لتبقى اجسامها في درجات حرارة ثابتة تقريبا دون ان تتاثر بما يحيط بها من تغيرات في درجة الحرارة . لكن البرودة الشديدة او الحرارة العالية تؤدي احيانا الى شلل في نشاط الاحياء او حتى موتها . اما بقية الاحياء المائية فانها تتاثر الى درجة بالغة بالتغيرات الحرارية التي تطرا في بيئتها . ولهذا التاثر ارتباطا وثيقا مع العمليات الايضية Metabolism للكائن الحي .

لذا فان ارتفاع درجة الحرارة المياه لاي سبب فانه سيؤدي الى التاثير في التوازن البيئي لذلك المسطح المائي من خلال تاثيره في العمليات الايضية للاحياء المائية التي قد تحد من نشاطها او تؤدي الى قتلها وهذا ما يقصد بالتلوث الحراري .

ان ارتفاع درجة حرارة المياه في المسطحات المائية يعود الى تطرحه محطات القوى الكهربائية وغيرها من الصناعات كمصانع الحديد والصلب لفضلاتها الساخنة . وهذه المصانع المنشأة قرب المسطحات المائية كالانهار والبحيرات والتي تستعمل المياه لتبريد المولدات والمكائن ذات العلاقة . ولوحظ ان بعض الانهار الملوثة حراريا والتي تصل درجة حرارة مياهها الى 50 درجة مئوية او اكثر , خالية من الاسماك واللافقريات . وقد سجلت حالات في انهار شمال امريكا وصلت درجة حرارتها درجة الغليان وكانت خالية من الحياة .

وتقل قابلية الماء في الاحتفاظ بالاوكسجين عندما ترتفع درجة حرارته لذا فان فقدان الاوكسجين يعد احد العوامل البارزة في التلوث الحراري .ويكون من الصعوبة على الاحياء المائية كالاسماك واللافقريات العيش في درجات الحرارة العالية ولكنه يكون اكثر صعوبة في حالة عدم توفر مستوى الاوكسجين المطلوب لحياتها . ولهذا السبب يكون للتغير في درجة حرارة النهر او البحيرة تاثير على التوازن الكلي بين الاحياء في النظام البيئي.

ويؤدي تسخين المياه الى انخفاض الاوكسجين او فقدانه . حيث ان ارتفاع درجة الحرارة تقل من قابلية ذوبان الاوكسجين في الماء . ففي درجة حرارة 5 درجة مئوية يمكن للتر واحد من الماء استيعاب 8.9 مليمتر من الاوكسجين تحت الضغط الجوي , في حين عند درجة 20 درجة مئوية يبلغ حجم الغاز الذائب لنفس الحجم من الماء 6.4 مليمتر فقط . كما ان ارتفاع درجة الحرارة من 5 الى 20 درجة مئوية يصاحبه اسراع في العمليات الايضية بضمنها عملية التنفس مما تزداد الحاجة الى الاوكسجين بحدود اربعة اضعاف .

وتحتوي المياه على حوالي ثلثي كمية الاوكسجين اللازمة لاشباعه فمن الطبيعي اذا سخنت هذه المياه فان ذلك لا يؤدي الى طرد الاوكسجين منه الا اذا ارتفعت درجة حرارة المياه اكثر من 25 درجة مئوية . وعليه ليس للتسخين اثر في كمية الاوكسجين الموجود في المياه الملوثة اصلا كاثره في الاوكسجين الموجود في مياه اكثر نقاوة . حيث من السهولة القضاء على الاحياء المائية في المياه غير الملوثة وذلك عند طرح المياه الحارة من المعامل التبريد على سبيل المثال .

وهناك عدد من الدراسات تشير الى التاثيرات البيئية للتلوث الحراري .فقد لوحظ ان بعض الديدان يستطيع العيش في المياه الملوثة لكنها تتنفس اكثر في المنطقة قبل محطة الطاقة من بعدها. وتؤثر زيادة الحرارة في توزيع ودورة الحياة ليرقات ذباب الستون

. *Ephemeroptera*(May flies) وذباب النوار *Plecoptera* (Stone flies) كما لوحظ بان اسماك السلمون والتراوت قد استبدلت باسماك اكبر حجما ومجموع الانتاج البروتين قد ازداد في تغيرات درجة الحرارة الكبيرة مما تغير في نوعية البيئة. علما ان الاسماك البديلة كانت اقل جودة من الناحية الاقتصادية. وقد تزدهر بعض الاحياء بهذا النوع من التلوث كالبكتريا والديدان الحلقية.

5. التلوث بالنفط Oil pollution

ان النفط او النفط الخام عبارة عن خليط معقد من الهيدروكربونات او الكرابين المهدجة Hydrocarbons مع بعض المركبات المضافة التي تحوي على الاوكسجين والكبريت والنتروجين مع عدد من المعادن مثل النيكل والفايناديوم والحديد والنحاس. ويعد النفط مصدرا رئيسا للمواد العضوية. وتتلوث المياه العذبة كالانهار والبحيرات عادة من خلال حركة الزوارق وطرح بعض مخلفاتها في هذه المسطحات المائية . لكن التلوث بالنفط تكون خطورة اكثر وضوحا في البحار والمحيطات لذا سيتطرق البحث الى هذا الموضوع لاحقا بشيء من التفصيل في تلوث المياه البحرية .

6. الاثراء الغذائي Eutrophication

كما تم الاشارة سابقا بان هذه الظاهرة هي طبيعية تنتج عن زيادة الاملاح المغذية كالنتروجين والفسفور في المسطحات المائية كالانهار والبحيرات والتي بدورها تؤدي الى ازدهار الطحالب والنباتات المائية الاخرى . وغالبا ما يكون مصدر هذه الاملاح المغذية من فضلات المجاري المنزلية وفضلات الحيوانات والاراضي الزراعية خاصة التي تستخدم الاسمدة الكيمياوية (الاسمدة النتروجينية والفوسفاتية).

ويفقد النتروجين من التربة بسهولة سواء كانت التربة مسمدة باسمدة عضوية او غير عضوية او حصلت على النتروجين عن طريق تثبيته بوساطة البكتريا او الاحياء الدقيقة الاخرى التي تثبت النتروجين الجوي .

وعن طريق البزل لمياه الري يتم هذا الفقدان خاصة في فصلي الخريف والشتاء في الايام الممطرة . وقد يكون تركيز النتروجين في المسطح المائي عاليا (اكثر من 30 جزء بالمليون) ويسبب عندئذ خطورة عند استعمال المياه كمصدر للشرب كما تم تناوله اعلاه . وبالرغم من عملية تصفية المياه تزيل الكثير من الملوثات الا ان النترات المذابة تبقى عادة في المياه . ولو ان خطورتها محدودة على الانسان البالغ لكنه تكمن خطورتها

على الاطفال الرضع وصغار الحيوانات حيث تتحول نترات الى نتريت وان كلا منهما تعتبران مواد سامة من خلال اتحادهما مع هيموكلوبين الدم لتكوين مركب الميثايموكلوبين الذي بدوره ليس له القدره على نقل الاوكسجين من الرئتين الى الانسجه ويؤدي الى موت الاطفال . وهذا المرض الذي يسمى بزرقة الاطفال معروف في اوربا وامريكا بسبب احتواء مياه الشرب على كميات عاليه من النترات .

وقد تحتوي البحيرات الحديثة التكوين كميات قليله من الاملاح المغذية وتعتبر فقيرة التغذية Oligotrophic مما يجعل نمو النباتات من ضمنها الطحالب محدودا ووجود بعض انواع اسماك السلمون الذي يتغذى بشكل رئيسي على الحشرات واحياء مائية اخرى. وبمرور الزمن سوف يتجمع الاملاح المغذية وتصبح البحيرة غنية بالمواد المغذية Eutrophic. وكذلك يحدث في الانهار القليلة الاملاح المغذية عندما تمر ببعض المناطق الواطئة وذات املاح مغذية تاتي اليها عن طريق البزل من الاراضي الزراعية المجاورة فيصبح النهر ايضا في هذه المنطقة غنيا بالاملاح المغذية . وعندما يقارن من الناحية البيئية يلاحظ هناك فروقات عديدة بين البحيرات الغنية والفقيرة التغذية (الجدول 4−3) . وهناك فروقات واضحة في مجاميع الطحالب في كلتا الحالتين (الجدول 4−4). لذا فان التغييرات في حمولة الاملاح المغذية في أي مسطح مائي سيؤدي الى تغير واختلال التوازن بين المجاميع المختلفة في الاحياء المائية سواء في البحيرة او النهر .

ويؤثر الاثراء الغذائي في الغطاء الخضري للمياه الجارية ويكون تاثيره اكبر في المياه الساكنة مثل مستودعات المياه او الانهار الاقل حركة التي تتصل بالبحيرات او الفروع التي تتصل بانهار كبيره . ويلاحظ ان ازدهار نمو الطحالب مثل طحالب وحيدة الخلية *Monodus* spp. وكذلك الطحلب الخيطي *Cladophora* spp. تشكل طبقة تغطي سطح المياه . وتكون هذه الطحالب مشكلة كبيرة عند استعمال هذه المياه مصدرا لتجهيز مياه الشرب وعملية تصفيتها . وتسببت الطحالب في انسداد قنوات محطات التصفية في حالات كثيرة في العالم . كما انها تشجع حدوث ازالة الاوكسجين في المياه Deoxygenation. حيث بعد موت هذه الطحالب سوف تزيح كمية الاوكسجين المذاب عند تكسرها وتحللها من قبل الاحياء الدقيقة وبذلك يقل مستوى الاوكسجين في المنطقة التحسطحية Subsurface خاصة اذا كان السطح معزولا بطبقة من الطحالب .

الجدول رقم (4−3) : يبين المقارنة في الخواص العامة بين البحيرات الغنية بالمواد المغذية والبحيرات الفقيرة (Mason 1981)

الخواص	البحيرات الغنية Eutrophic	البحيرات الفقيرة Oligotrophic
العمق	اقل عمقا	اعمق
الاوكسجين في طبقة Hypolimnion خلال الصيف	غير موجود	موجود
الطحالب	تنوعها قليل وبكثافة عالية وانتاجية عالية . غالبا ما تكون متغلبة بالطحالب الخضراء المزرقة Cyanophyceae	تنوعها كبير وبكثافة وانتاجية قليلة ، غالبا ما تكون متغلبة بوجود الطحالب الخضراء Chlorophyceae
الازدهار Bloom	مالوف ومتكرر الحدوث	نادرا
تدفق المواد المغذية النباتية	عالي	قليل
الانتاجية الحيوانية	عالية	قليلة
الاسماك	الاسماك الكبيرة هي المتغلبة غالبا مثل الشبوط والروش والفرخ	الاسماك السليمونية كالسلمون المرقط والشار ، والسمك الابيض هي المتغلبة غالبا

ان ازدهار الطحالب ونموها لايحدث في مياه التصفية او الحاوية على املاح قليلة ولكنه يحدث عندما يكون مستوى النترات – نتروجين بحدود 0.3 جزء بالمليون والفوسفات – فسفور بحدود 0.01 جزء بالمليون واكثر .

الجدول رقم (4–4) : يبين الطحالب المتعايشة في البحيرات الفقيرة والغنية بالمواد المغذية (Mason 1981)

نوع البحيرة	مجاميع الطحالب	الامثلة
الفقيرة Oligotrophic	**Desmid plankton**	***Starodesmus, Staurastrum***
	Chrysophycean plankton Diatom plankton Dinoflagellate plankton Chlorococcal plankton	***Dinobryon Cyclotella,Tabellaria Peridinium,Ceratium Oocystis .***
الغنية Eutrophic	**Diatom plankton**	***Asterionella , Fragillaria crotonensis, Stephanodiscus astraea Melosira granulata***
	Dinoflagellate plankton	***Peridinium bipes, Ceratium , Glenodinium***
	Chlorococcal plankton	***Pediastrum , Scenedesmus***
	Myxophycean plankton	***Anacystis , Aphanizomenon , Anabaena***

وكما ذكر سابقا فان مصدر الاملاح المغذية يكون من الاراضي الزراعية عن طريق البزل . كما ان استخدام المنظفات او حتى مياه الفضلات المنزلية يعد من المصادر الاخرى لتلك الاملاح ويلاحظ في احيان اخرى نقدم الطحالب الخضر المزرقة مثل *Anabaena* spp . عند نموها بغزارة، بتثبيت النتروجين الجوي وصنع النترات بنفسها . كما ان مخلفات الطيورهي الاخرى غنية بالمواد المغذية خاصة عندما تتجمع الالاف منها قرب بعض المسطحات المائية كالبحيرات والاهوار والانهار. وتعد البحيرات

والخزانات مأوى مفضلا للطيور مثل طيور النورس حيث تطرح برازها وتسبب زيادة في المواد المغذية التي تعجل من ازدهار الطحالب.

وتؤثر ظاهرة الاثراء الغذائي في النظام البيئي مثل بحيرة ما من خلال عدة من اهمها :

أ. قلة التنوع للاحياء المائية وتغير في الانواع المتغلبة

ب. زيادة في الكتلة الحية Biomass .

جـ. زيادة الكدرة Turbidity .

د. زيادة في سرعة الترتيب وتقليل عمر البحيرة Life span .

هـ. قد تتكون حالة نقص الاوكسجين في الانسجة Anoxia .

كما تظهر ظاهرة الاثراء الغذائي عدة مشاكل للانسان ومن اهمها :

أ. تكون المياه مضرة بالصحة العامة .

ب. صعوبة معالجة المياه الصالحة للشرب حيث يكون مصحوبا برائحة وطعم غير مستساغة .

جـ. تحدد استخدام المياه للسباحة والاستجمام خاصة عند السواحل .

د. زيادة الغطاء الخضري قد يقلل من حركة المياه وتأثيرها في حركة الملاحة Navigation .

هـ. تختفي الانواع المهمة اقتصاديا من الاحياء المائية كما يحدث لاسماك السلمون Salmonids والسمك الابيض Coregonids .

7. التلوث بالميكروبات

تتعرض المياه العذبة الى التلوث بمختلف الميكروبات خاصة تلك التي قريبة من المناطق السكينة او بعض المناطق الصناعية مثل معامل التعليب والمصانع الغذائية والمجازر. وتحتوي بعض المياه السطحية على عدة انواع من البكتريا المرضية كما يكثر ذلك في المياه الساكنة او القليلة الحركة في المياه الداخلية Inland water . وقد تم ذكر بعض الامثلة سابقا ضمن فضلات المجاري المنزلية . كما ان ارتفاع نسبة الفطريات في مياه الشرب بكمية تزيد عن مليغرام واحد باللتر سوف يؤدي الى امراض في الاسنان والمعدة.

كما يلاحظ ان بعض المياه تكون ملوثة بالجرائيم المرضية بضمنها المراحل الطليقة للديدان المعوية التي تتطفل على الانسان والحيوانات المحلية. وهنا يكون الانسان او الحيوان كمضيف وسطي لاكمال دورة الحياة لهذه الطفيليات. ولتفادي الاصابة بهذه الطفيليات يقوم الانسان بمكافحة هذه الديدان باستخدام الطرق المختلفة منها استعمال المواد الكيمياوية كالمبيدات او غلق بعض القنوات التي بدورها تغير التوازن البيئي في ذلك المسطح المائي .

وتعد المجاري المدنية وفضلات الحيوانات من اهم مصادر مسببات الامراض كالاحياء الدقيقة مثل البكتريا والطفيليات والفيروسات التي تؤدي الى تفشي الامراض مثل التيفوئيد والكوليرا والزحار وغيرها .

8. الامطار الحامضية Acid rainfalls

تتكون الامطار الحامضية جراء تكون حامض الكبريتيك وحامض النتريك من خلال تفاعل اكاسيد الكبريت والنتروجين المتواجدة في الجو مع قطرات المطر مما يسبب انخفاض في الاس الهيدروجيني للمياه المستقبلة لهذه الامطار الى اقل من (5) وقد يصل الى (4) . اما مياه الامطار النقية فانها رغم كونها حامضية نتيجة ذوبان غاز ثنائي اوكسيد الكربون في قطراتها لتكون حامض الكربونيك الا انها لاتعد امطار حامضية حيث يقدر الاس الهيدروجيني لها بحوالي (5–6) .

ان زيادة حامضية المياه تؤدي الى الاخلال بالاتزانات الحيوية في البحيرات والانهار وبالتالي الى تغير انواع الاحياء المائية واعدادها . كما ينتج ايضا تغير في لون المياه وطعمها وتؤدي الى تحرر عنصر الحديد وتاكل شبكات المياه مما يسبب خسائر مادية كبيرة .

9. التلوث الاشعاعي Radiant pollution

استخدم الاشعاع في عدة مجالات كالطب والزراعة والصناعة والتجارب العلمية المختلفة الاخرى واصبح ملازما للحياة العصرية ولايمكن الاستغناء عنه في مجتمع متحضر. وقد تبين هناك ضررا للانسجة الحية ويزداد بازدياد مدة التعرض وتركيز الاشعاع ونوعه وقد يؤدي الى حالات مرضية كالعقم او السرطان وغيرها .

وقد تتسرب كميات من المواد المشعة الى المياه العذبة من خلال مطروحات الصناعات المختلفة خاصة النووية منها، او مفاعلات الذرة او التفجيرات الذرية او المصادر الاشعاعية في الطب والصناعة او الاستخدامات المنزلية .

نهر الكنج (مثال عن تلوث الانهار)

يعد نهر الكنج من اقدس انهار الهند. ويتوافد الاف من الهندوس المتدينين قرب النهر في مدينة فاراناسي البلدة المقدسة. ويقوموا بالغطس في مياهه اعتقادا منهم بانه انقى انهار العالم واطهرها وقادرا على تطهير الخطايا . في حين انه من اكثر مياه البلاد تلوثا وذلك لان يستقبل العديد من الملوثات منها :

1. جثث المتوفين من الهندوس ولها علاقة بالتقاليد الدينية .
2. جثث الحيوانات .
3. مياه المجاري غير المعاملة حيث تصب مدينة فاراناسي (اكثر من مليون نسمة) اكثر من 125 مليون لتر يوميا من مياه المجاري غير المعاملة .
4. الكثافة السكانية : حيث يعيش حوالي ربع سكان الهند البالغ تعدادهم نحو البليون نسمة في حوض الكنج . وتوجد 27 مدينة كبرى على طول ضفاف النهر البالغ طوله 2525 كيلو مترا من منبعه في جبال الهملايا حتى مصبه .

وقد امرت الحكومة الهندية في منتصف الثمانينات بالقيام بعملية تطهير عاجلة للنهر حيث تم تخصيص مبلغ 250 مليون دولار لهذه المهمة .

بحيرة ميشغان (مثال عن تلوث البحيرات)

تعد بحيرة ميشغان في الولايات المتحدة الامريكية احد الامثلة الجيدة للمسطحات الداخلية الملوثة وبمواد متنوعة وذات مصادر عديدة . وكانت متزامنة مع التقدم والحركة الصناعية في المنطقة . لذا فانها تستقبل مخلفات هذه الصناعات . ويكفي الاشارة الى ان البحيرة يلزمها حال توقف صب النفايات فيها الى حوالي 500 سنة لتعيد نقاوتها الاصلية حسب راي الخبراء.

ثانيا : المياه الجوفية Ground water

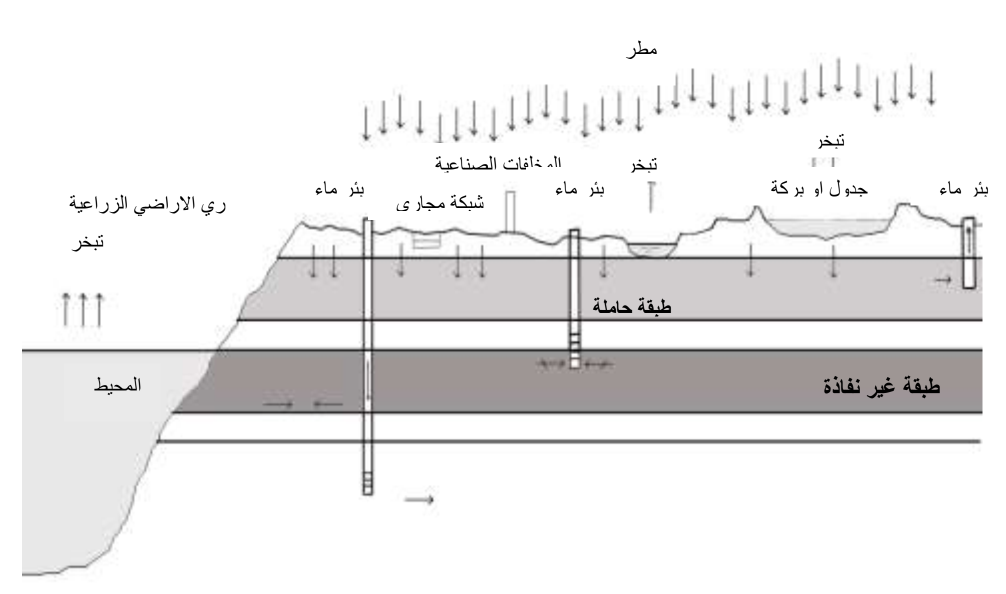
لم يقتصر حصول التلوث على المسطحات المائية وانما امتد الى الاعماق ليشمل مصادر المياه الجوفية التي كان الاعتقاد السائد بانها بعيدة عن التلوث وغيرها من المشاكل . ونظرا لمحدودية المياه السطحية خاصة في بعض البلدان والاماكن فقد توجهت الانظار الى استخدام مصادر المياه الجوفية لتساعد في توفير المتطلبات المائية لمختلف الاغراض لحياة الانسان .

وكان للازدهار السريع للصناعة في العالم اثر كبير في خلق مشاكل تلوث المياه وذلك لازدياد احجام المياه المختلفة عن هذه الصناعات فتصبح بذلك كل من المياه السطحية والجوفية عرضة للتلوث بالمواد المختلفة التي تضيفها هذه المخلفات الى المياه اذا ما وصلت اليها فتغير من صفات الطبيعية والكيمياوية والبايولوجية .

وحتى عهد قريب لم يكن ينظر الى المياه الجوفية على انها قابلة للتلوث كما هو في المياه السطحية. فقد كان الاعتقاد السائد ان التربة السطحية يمكنها ازالة الملوثات التي تتسرب الى باطن الارض عن طريق عمليات الترشيح Filteration او الادمصاص Adsorption او التحلل الحيوي Biotic degradation. غير ان الشواهدالتي امكن تجميعها خلال البحوث والدراسات الحقلية قد اثبتت بما لايقبل الشك ان هناك العديد من المذيبات الصناعية والمبيدات الحشرية قد وجدت طريقها الى طبقات المياه الحاملة Aquifer. وهذه الاخيرة تحوي المياه في فجوات مادتها الصخرية ينفذ ماؤها بسهولة الى الابار والينابيع.

ويعد موضوع تلوث المياه الجوفية مسألة يجب ان يوجه لها اهتمام خاص نظرا لان هذه المصادر تستعمل كثيرا في جميع الاغراض الرئيسة كالمنزلية والصناعية والزراعية . خاصة في المناطق الصحراوية والارياف . علما بانه من الصعوبة ازالة التلوث في هذه المياه .

ويمكن اعتبار المصادر الاتية (شكل 4–5) من اهم مصادر تلوث المياه الجوفية وهي :



شكل (4-5) مصادر تلوث المياه الجوفية

1. الصناعة :

تكون الملوثات العضوية الناشئة من الصناعات الكيمياوية المصدر الرئيسي للخطر. فالمخلفات الناتجة عن هذه الصناعات تصل الى مصادر المياه محملة بمواد عضوية ضارة مختلفة وتسبب افساد هذه المصادر. ومن اخطر الملوثات العضوية التي تؤثر في مصادر المياه هي مركبات الفينول ومشتقاتها وهي سامة. فضلا عن انها تسبب رائحة كريهة وطعما غير مقبول لمياه الشرب خاصة بعد معالجتها بالكلور في محطات تنقية المياه . وقد وجد بان تركيز 0.01 جزء بالمليون يمكن ان يسبب رائحة كريهة ولهذا فانه من المتفق عليه ان لايزيد تركيز هذه المركبات عن 0.001 جزء بالمليون. وبالرغم من ان الفينول يتكسر ويتحلل عادة بفضل البكتريا عندما تلقى المخلفات الفينولية في الانهار او المياه السطحية ، فان هذا لايحدث عادة عندما تصل هذه المركبات الى المياه الجوفية . وتبعا لذلك فان عمليةالمعالجة لهذه المياه بالكلور تزيد من سوء الطعم والرائحة نتيجة تكون مركبات الكلوروفينول بعد اتحاد الفينول مع الكلور. ومن اخطر المركبات الكلوروفينولية تأثيرا على الطعم والرائحة المواد الاتية :

الكلوروفينول 2- Chlorophenol
ثنائي الكلوروفينول 2.4dichlorophenol
ثنائي الكلوروفينول 2.6- dichlorophenol

ولهذه المركبات الناتجة من كلورة الفينول رائحة أسوأ من الفينول نفسه ومن المعروف ان كثيرا من هذه المركبات تستعمل كمبيدات للفطريات ويكون ايضاً نواتج تكسير المبيدات الحشرية التي قد تصل إلى مصادر المياه عن طريق البزل للأراضي الزراعية وغيرها .

2. العمليات الزراعية

ان الأستعمال المفرط للمياه او المبيدات الحشرية أو المبيدات الفطرية اوالأسمدة او سوء التخلص من مخلفات الماشية سوف يؤدي الى عدد من المشكلات . فتؤدي عمليات الري خاصة أذا لم تتوفر انظمة الصرف الجيدة الى زيادة تراكيز الأملاح والمعادن في المياه الجوفية فيجعلها غير صالحة للشرب أو الأستعمالات الأخرى .

أن الآبار الواقعة على مسافة قريبة من المواقع الزراعية تعاني من خطر وصول المبيدات والكيمياويات الزراعية الأخرى مما يتطلب جملة من الأجراءات وفي مقدمتها الأختبار الدوري لمياه الآبار التي تستخدم للشرب والتأكد من خلوها من البقايا الخطيرة لهذه المواد .

3. آبار الحقن

تستعمل آبار الحقن لتخلص من النفايات الصناعية والأشعاعية وغيرها من المخلفات في الطبقات الجوفية العميقة كتلك الحاملة للمياه المالحة . وقد ينتج عن هذه العمليات تلوث الطبقات العلوية المنتجة لمياه الشرب نتيجة لتسرب الملوثات المحقونة عن طريق انابيب التغليف المتهرئة أو عن طريق سريانها في اتجاه الطبقات الحاملة عبر التصدعات في الطبقات غير المنفذة .

4. المجاري وخزانات التعفن

ويقصد بذلك الحفر الأرضية بجميع انظمتها واشكالها التي تستعمل كوسيلة للخزن والتخلص من الفضلات والمياه المستعملة في المدن والقرى التي لا يتوفر فيها شبكات الصرف الصحي. وقد يؤدي استعمالها الى تسرب ما تحمله من بكتريا وجراثيم اخرى ومركبات عضوية متحللة إلى طبقات المياه الحاملة وبالتالي تلوثها .

5. ظاهرة تداخل المياه المالحة

يؤدي الضخ المفرط من الطبقات الحاملة للمياه العذبة الواقعة قرب شواطئ البحار الى تسرب المياه المالحة من البحر في اتجاه هذه الطبقات مما يزيد من ملوحة مياهها مع مرور الوقت وبالتالي تصبح غير صالحة لأغراض الشرب أو الزراعة .

6. التخلص السطحي من النفايات

تقوم بعض الدول بالتخلص من بعض النفايات وذلك بدفنها في برك في باطن الأرض. فعلى سبيل المثال يتم التخلص سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية من حوالي 390 مليون طن من النفايات الصلبة بدفنها في اماكن مخصصة في سطح الأرض وكما يتم وضع حوالي 10 ترليون (مليون مليون) غالون من النفايات السائلة في برك تخزين سطحية . أن حوالي 10% من هذه النفايات الصلبة والسائلة يكون مصدراً خطراً حقيقياً لصحة الأنسان وبيئته . فيؤدي هطول الأمطار وأرتفاع منسوب المياه الجوفية وعدم

احكام عزل برك التخزين الى تسرب بعض هذه المواد الخطرة إلى الطبقات الحاملة للمياه العذبة .

وقد تم الكشف مؤخراً في بعض الدول الصناعية عن حالات تخلص من النفايات الكيمياوية بطرق غير مشروعة وذلك بدفنها أو ألقاءها في المسطحات المائية حيث أدت الى تلوث المياه الجوفية وبدأت آثارها الصحية الضارة تظهر على مكان المناطق القريبة ن مواقع التخلص من تلك النفايات كما حدث في حادثة قناة لاف Love canal المشهورة .

وعند حدوث تلوث للمياه الجوفية وخاصة بالنفايات الكيمياوية فمن الصعب وربما يستحيل ازالة هذا التلوث فضلاً عن اية معالجة للمياه المستخرجة ستكون مكلفة جداً. وما يزيد من تعقيد ومحدودية التحكم في تلوث المياه الجوفية بطء حركة هذه المياه. فقد لا تتجاوز سرعة سريانها عن عدة امتار في اليوم بل وربما عدة امتار في السنة. وهذا يعني مرور عشرات السنين وربما مئات قبل اكتشاف حدوث التلوث وهو الزمن اللازم لأنتشار الملوثات من مصدر التلوث وحتى وصولها الى مواقع آبار الشرب .

وتبقى مشكلة تلوث المياه الجوفية من المشاكل المهمة التي تحتاج الى عناية خاصة وذلك لأن اكتشاف هذا التلوث غالباً ما يأتي متأخراً وبعد ان تكون احجام كبيرة من المياه قد تلوثت بالفعل . وهناك العديد من الحوادث المسجلة عن تلوث مناطق باكملها من المياه الجوفية في مناطق مختلفة من العالم . وفي حالات كثيرة اصبحت هذه المياه غير صالحة للأغراض المختلفة حتى بعد ازالة مصادر التلوث .

ومن العوامل الهامة التي تؤثر في إعاقة او منع تلوث المياه الجوفية هو عملية أ دمصاص Adsorption للمواد الملوثة على حبيبات التربة اثناء تسربها في طبقات الأراضي المختلفة . وقد وجد ان بض مكونات التربة يمكنها احتجاز كميات قليلة وازالتها نسبياً من المركبات الفينولية بوساطة الأدمصاص وبذلك فانه لا يمكن الاعتماد عليها في التخلص من جميع هذه الملوثات وتبقى تشكل خطراً في تلوث المياه الجوفية .

ثالثاً : مياه البحار المحيطات Marine Water

تكمن أهمية والبحار والمحيطات بالنسبة للأنسان في كونها تمثل مستودعات ضخمة تزوده وغيره من الأحياء بالمياه العذبة (عن طريق التبخير والترسيب) كما انها

تعد مصدراً رئيسياً للأوكسجين المتحرر من نباتاتها الخضراء (الطحالب) . وتشكل حوالي 97% من المساحة الكلية للمياه و 1% من الانتاج الكلي للأسماك عدا مناطق الانبعاث القاعي في حين تشكل المياه الساحلية Coastal water حوالي 10% من المساحة الكلية للبحار والمحيطات و 99% من الانتاج الكلي للأسماك بضمنها مناطق الانبعاث القاعي .

وبالرغم من هذه الأهمية الكبيرة لهذه المسطحات المائية إلا أن الأنسان يستخدمها لتصريف فضلاته ونفاياته دون ان يخضعها للحد الأدنى من المعالجة كما أن الصناعة تطرح جملة من المعادن الثقيلة والمواد العضوية واللاعضوية او السامة وبقايا المواد المشعة التي سوف تشكل خطراً كبيراً على الأحياء المائية ويكون تأثيرها طويل الأمد .

وبعد تأثير التلوث في البحار والمحيطات اشد وطأة من تأثير في المياه السطحية الاخرى كالانهار مثلا وذلك لان الجسم المائي للمنطقة البحرية شبه مغلق مما يجعل تخفيف تأثير الملوثات يغدو ضعيفا جدا .

ومن سوء الحظ ان المطروحات المختلفة التي تصل البحار والمحيطات تبقى في المياه الساحلية او قريبة من السواحل لسنوات عديدة بسبب الرياح والامواج المتجه نحو السواحل . ويقدر ان 90% منها لايصل المياه العميقة مما يؤثر على الانشطة السائدة في مواقع السواحل فضلا عن تلويثها للاسماك والاحياء المائية والاخرى وكذلك البلاجات ومواقع الاستحمام والاصطياف . لذا يظهر التلوث في المياه الساحلية في مجالين رئيسين هما :

1. التلوث بفضلات المجاري والصناعة وبقايا النباتات الميتة (Litter) والهايدروكابونات النفطية . حيث تقود هذه الملوثات الى التأثير في المصادر الحيوية وتقلل من قيمة المنطقة الساحلية للاغراض السياحية والاستجمام . ويكون تأثيرها ذات مدى قصير ويكون التلوث بصورة رئيسة اثناء وجود هذه الملوثات او رميها .
2. التلوث بالمواد العضوية الصناعية والمعادن الثقيلة والمواد المشعة وهذه تؤدي الى التأثير السلبي في المصادر الحيوية ويكون تأثيرها طويل الامد .

ولايقف الامر هذا الحد ، بل يتعداه الى معاناة ثلثي سكان المدن الساحلية او على بعد 80 كيلومتر منها وذلك من التلوث في هذه المواقع . ولابد من الاشارة هنا الى ان حوالي 20 الف نوع من الاسماك و30 الف نوع من الاحياء المائية الاخرى مصدرها

المياه الساحلية . لذا من الطبيعي ان يؤثر التلوث في هذا النشاط ويلحق ضررا اقتصاديا واضحا .

وحددت لجنة الخبراء في الثمانينات حول التلوث البحري بعض المواضيع الخطيرة التي يجب اعطاءها الاهمية المطلوبة جراء تلوث البحار والمحيطات ومن بينها المخاطر الصحية التي تلحق الانسان من الاحياء المجهرية والفضلات المشعة ، والتاثيرات السامة في الانسان وغيره من الاحياء جراء وجود المواد الكيمياوية والمعادن الثقيلة فضلا عن الخلل الذي يلحق بالمياه جراء زيادة كدرتها وارتفاع تراكيز ثنائي اوكسيد الكاربون وغيرها .ويمكن ان يقال ان تقرير اللجنة اعلاه قد دق ناقوس الخطر المحدق بالمناطق الساحلية بصورة خاصة جراء التلوث الحاصل بها .

وبعبارة اخرى فان تلوث البحار والمحيطات يؤدي الى الاخلال بالاتزانات الحيوية التي تتحكم في الحياة على كوكب الارض . ومما يزيد في خطورة تلوث هذه المسطحات المائية تعدد مصادر التلوث فيها وغياب او صعوبة سن قوانين حمايتها من التلوث وتطبيقها .

ويمكن حصر مصادر تلوث مياه البحار والمحيطات بما ياتي :

1. مياه المجاري والمخلفات الزراعية والصناعية :

ويسبب تدفق هذه المطروحات المختلفة الى الحاق الضرر الكبير في البيئة البحرية وعدم صلاحيتها لحياة الاحياء المائية فضلا عن انبعاث الروائح الكريهة وحصول الظروف المناسبة لنمو البكتريا وتكاثرها . وسبق وان تم التطرق في هذا المجال في تلوث المياه العذبة .

2. النفايات السامة والمواد الاشعاعية :

تحاول الدول الصناعية التخلص من النفايات السامة والمواد الاشعاعية الناتجة من عملياتها الصناعية المختلفة وذلك من خلال القائها في البحار والمحيطات بوساطة السفن او الطائرات او تقوم بدفنها في قيعان هذه المسطحات المائية . ومن الطبيعي ان تلحق مثل هذه الممارسات الضرر الكبير في بيئة هذه المسطحات ولأمد طويل جدا مما يهدد الحياة في تلك المناطق والمناطق المجاورة. وقد تعرضت عدد من المناطق لمثل هذه النفايات مثل بحر الشمال وسواحل امريكا الشمالية .

3. التلوث الحراري Thermal pollution

وينتج هذا النوع من التلوث جراء محطات توليد القوى الكهربائية ومن محطات ازالة الملوحة مما يرفع من درجة حرارة مياه البحار والمحيطات ولمناطق محددة مما يؤثر على الاحياء المائية التي تروم هذه المناطق بسبب تغير بيئة المياه فيها كزيادة التبخر وزيادة الملوحة ونقص الاوكسجين المذاب فضلا عن زيادة درجة الحرارة . قد تم التطرق لهذا النوع من التلوث في تلوث المياه العذبة . كما ان هناك عددا من محطات الطاقة النووية عند السواحل حيث تستخدم مياه البحر لعملية التبريد . ولاتحدث هذه ضررا كبيرا في البيئة البحرية واهم التغيرات الملحوظة خلال عملية التبريد عندما تمر يرقات الرخويات في انابيب التبريد حيث سوف تنمو بشكل سريع وغير اعتيادي في المياه الدافئة ويزداد عددها مما قد تؤدي الى عرقلة حركة المياه في الانابيب .

4. المعادن الثقيلة : Heavy metals

ان اية مادة تصل الالبحار والمحيطات سوف يزول تاثيرها اذا خلطت جيدا بالمياه وان كانت كمية كبيرة مثل مليون طن التي تعادل عند خلطها مع المياه المحيط باقل من جزء بالمليون المليون والتي عندها لاتكون سامة في هذا التركيز الضيئل ولا حتى مضرة للاحياء المائية . في حين ان مستوياتها العالمية عند طرحها من المصانع يكفي لقتل عدد من انواع الاحياء المائية كالنواعم والاسماك . وهذا لا يلغي خطورة هذا المواد الموجودة في المحيط عند تراكيزها التراكمية في بعض الاحياء المائية فقد وجد ان اسماك التونة قد تلوثت بصورة خطرةبالزئبق الموجود في المحيط . حيث ان هذه الاسماك لها القابلية في تركيز المعادن الموجودة بصورة طبيعية . وذكر بانه قد حرقت في كندا كمية كبيرة من الاسماك تقدر بمليون باوند لانها تحتوي على اكثر من الحد المطلوب من الزئبق وهو 0.5 جزء بالمليون . وكما هو معروف فان لزئبق يوجد بصورة طبيعية في المحيط وان الاضافات التي يسببها الانسان قليلة بالمقارنة مع كميته الموجودة اصلاً .

وعندما يطرح الزئبق المستخدم في صناعة عجينة الورق في المصبات كما حدث في اليابان على سبيل المثال كان تركيزه في مياه المنطقة كافياً لاحداث ضرر للنواعم والاسماك التي تركز فيها الزئبق بحيث ادت الى تسمم الحيوانات التي تغذت عليها وكذلك الانسان. وهذه الخطوة قد تحدث في المصبات التي تصل الى مسطحات مائية شبه مغلقة كالخليج العربي والبحر المتوسط وبحر البلطيق او في المناطق الضحلة كبحر الشمال .

ويمكن ان يكون الرصاص خطراً اذا ماوجد في تراكيز عالية بصورة كافية قرب الساحل وقد يكون مصدره من مركب رابع اثيلات الرصاص Tetraethyl lead الموجود

في النفط ومشتقاته وقد يسبب تلوثاً محلياً عند المصبات حيث يؤثر في حياة الجماعات الحيوانية ويؤدي الى موتها .

وبصورة عامة فان كل المعادن موجودة في البيئة البحرية يكون قسم منها في كميات متوسطة كالكالسيوم والمغنسيوم والقسم الآخر في تراكيز قليلة جداً. ومعظمها يتراكم في اجسام الاحياء المائية في جزء او اكثر من السلسلة الغذائية البحرية . وتكون المعادن هي الاكثر بقاءً في البيئة حيث انها لاتتحول ولاتتكسر لكنها قد تتحدد لتكون مركبات مختلفة ومعقدة . وتجدر الاشارة بان هناك معادن معينة تتحدد مع مركبات عضوية لتكون مواد معقدة عالية السمية مثل كلوريد الزئبق المثيلي Methyl mercuric chloride . وقسم من هذه التحولات تقوم بها البكتريا في الطبيعة .

اما ترتيب المعادن الثقيلة الشائعة من ناحية سميتها للاحياء البحرية واعتماداً على المعلومات المتوفرة بالنسبة الى اطوار الحياة الاكثر حساسية فهو كالآتي وفق منشورات اليونسكو UNESCO :

الزئبق – الفضة – النحاس – الزنك – النيكل – الرصاص – الكادميوم – القصدير – الكروم – الحديد – المنغنيز – الالمنيوم – البريليوم – الليثيوم.

حيث ان الزئبق اكثرها سمية والليثيوم اقلها. علماً ان التراكم البايولوجي لبعض المعادن كالكادميوم يمكن ان يظهر تهديداً للانسان الذي يتناول هذه الاحياء في غذائه. لذا فان ترتيب المعادن من ناحية خطورتها قد يختلف في البيئة البحرية اختلافاً ملحوظاً. والجدول (4–5) يبين تراكيز المعادن في مياه البحر طبيعياً .

ان الزيادة المعنوية لتركيز المعادن في مياه البحر لمناطق اعالي البحار قد تعطي اشارة مبكرة للاخذ بنظر الاعتبار تبعات ذلك. ويظهر في الوقت الحاضر بان الرصاص هو المعدن المستقر الوحيد الذي يظهر زيادة في تركيزه في المحيطات . ويعزى ذلك بوضوح الى انشطة الانسان في مجالات صناعة السيارات حيث ان عادم السيارات يحتوي على الرصاص رباعي الاثيل Tetra ethyl lead والكازولين Antiknock gasoline ولو ان الزئبق قد نال اهتماماً كبيراً من خلال مأساة خليج ميناماتا Mina Mata Bay. لكن هناك ادلة قليلة تظهر بان نشاطات الانسان لها زيادة معنوية لهذا المعدن في البيئة البحرية في العالم والجدول رقم (4–6) يبين السمية لبعض المعادن المختارة للاحياء المائية بمعيار التركيز القاتل لنصف الاحياء المختبرة في وقت معين LC_{50} (Median lethal concentration) .

وقد سجلت عدد من الحوداث في العالم حالات التسمم في الزئبق حيث توفي صيادو السمك بعد تناولهم السمك الذي يحتوي على الزئبق في ميناماتا في اليابان في الخمسينات. وقد لحظ وجود الزئبق بكثافة في مياه بحيرة ميشيغان في الولايات المتحدة الامريكية. وفي بداية السبعينات رفضت فرنسا استيراد كميات كبيرة من سمك التونة لاحتوائها جرعات اكثر من الحد المسموح من الزئبق.

الجدول رقم (4-5): التراكيز الطبيعية للمعادن في ماء البحر مقدرة بالمايكرو غرامات باللتر أي جزء بالبليون (UNESCO 1978)

المعدن	التركيز	المعدن	التركيز
التاتيوم	1	الربديوم	120
الانتيموني	0.33	الباريوم	20
الفضة	0.28	المولبدنيوم	10
الكروم	0.2	الحديد	3.4
الزئبق	0.15	اليورانيوم	3.3
الكادميوم	0.11	الزرنيخ	2.6
الكوبلت	0.05	النحاس	2
الرصاص	0.03	النيكل	2
البسموث	0.02	الزنك	2
الثاليوم	اقل من 0.01	المغنسيوم	1.9
البريليوم	0.0006	الفانديوم	1.9
الثوريوم	اقل من 0.0005	الالمنيوم	1

ويوجد الزئبق في المياه البحرية بشكل طبيعي بنسبة قليلة جداً إلا ان تراكمه منذ القدم قد لعب دوراً بارزاً. ويتكون الزئبق العضوي (Methyl mercury) في الطبيعة بواسطة انشطة الانسان من الزئبق غير العضوي وهو سم خطر يتحد مع الجسم في البروتين والانزيمات تالفاً بذلك انسجة الخلايا ومسبباً للموت. وتصب انهار الكرة الارضية في المحيطات نصف الانتاج العالمي من الزئبق (9-10 آلاف طن في السنة). وتحوي المحيطات من 50-100 مليون طن منه، بينما ترمى في بيئتنا العامة حوالي 100 الف طن في السنة .

كما يصل الى البحر نصف انتاج المانيا من الزنك بوساطة نهر الرين. كما ان الرصاص ينقل من الجو الملوث خاصة في المناطق التي تزدحم وسائط النقل فيها حيث كان في كاليفورنيا في الولايات المتحدة الامريكية بمعدل 36 ميكروغرام في لتر الماء الواحد. ووجدو ايضاً في كبد الاسماك. كما ان مياه الامطار تحويه بمعدل 40 ميكروغرام في اللتر الواحد. ويحتوي الضباب على 300 ميكروغرام في كل لتر من المياه المركزة. وقد ارتفعت نسبة الرصاص في مياه المحيطات خلال السبعين سنة الاخيرة من 0.01 ميكروغرام في المتر المكعب الى اكثر من 0.07 ميكروغرام نتيجة الدخان المتصاعد من السيارات التي تنقلها الرياح الى البحر وتبلغ الكمية المنقولة 250 الف طن في السنة منها 100 الف طن على اليابسة التي لابد وان تصل الى البحر في وقت ما. ويوجد اللنديوم بشكل طبيعي في المحيط بنسبة 0.1 ميكروغرام باللتر حيث يشكل بالكمية القادمة من المصانع خطراً آخراً.

الجدول رقم (4−6): التراكيز القاتلة لنصف الاحياء المختبرة LC 50 لعدد من المعادن المختارة لبعض الاحياء البحرية واحياء المياه العذبة . (UNESCO 1978)

المادة (وصفها الايوني)	الروبيان البني *Crangoncrangon*	احد الرخويات الاوربية *Cardium edule*	الاسماك المدروسة
48 ساعة للتركيز القاتل لنصف الاحياء المختبرة (جزء بالمليون)			
الالمنيوم (+3)			0.27 صغار الايل *Anguilla* sp.
الزرنيخ(+4)			8.4 السلمون *Oncorhynchus ketg*
البريليوم(+2)			31.0 سمك الكيلي *Fundulus heteroclitus*
الكادميوم(+2)			27.0 سمك الكيلي *Fundulus heteroclitus*
الكروم (+6)	100	300−100	100−33 *Agonus cataphractus* 17.8 السلمون *Oncorhynchus kisutch*
النحاس (+2)	33−10	1	السمك المسطح 3.2 *leuronctes ftesus* سمك الكيلي *Fundulus heteroclitus*
الحديد (+3)	100−33	300−100	5.0 كلب البحر *Squalus* sp.
الرصاص(+2)		*2.45	0.34 *Oncorhynchus kisutch,* *Eucatias inconstans* 188.0 سمك الكيلي *Fundulus heteroclitus*

الزئبق(+2)	10−3.3	10−3.3	***Pleuronctes ftesus*** **السمك المسطح 3.3** ***Fundulus heteroclitus*** **سمك الكيلي 0.23**
النيكل (+2)	330−100	اكثر من 330، 1.54*	***Gasterosteus aculeatus*** **0.8**
الفضة (+1)		0.006*	***Carassius auratus*** **السمك الذهبي 0.01** ***Fundulus heteroclitus*** **سمك الكيلي 0.04**
الزنك (+2)	330−100	330−100	***Salmo gairdneri*** **السلمون المرقط 3.3**

*** اجريت الدراسة على بيوض المحار *Crassotrea virginica***

ان هذه الملوثات من المعادن تلعب دوراً سلبياً في استثمار المحيطات ولكنها تقوم بسد الحاجات المطلوبة لبعض دول العالم المتزايدة بالصناعات والتقنيات الحديثة فلا بد من التوازن.

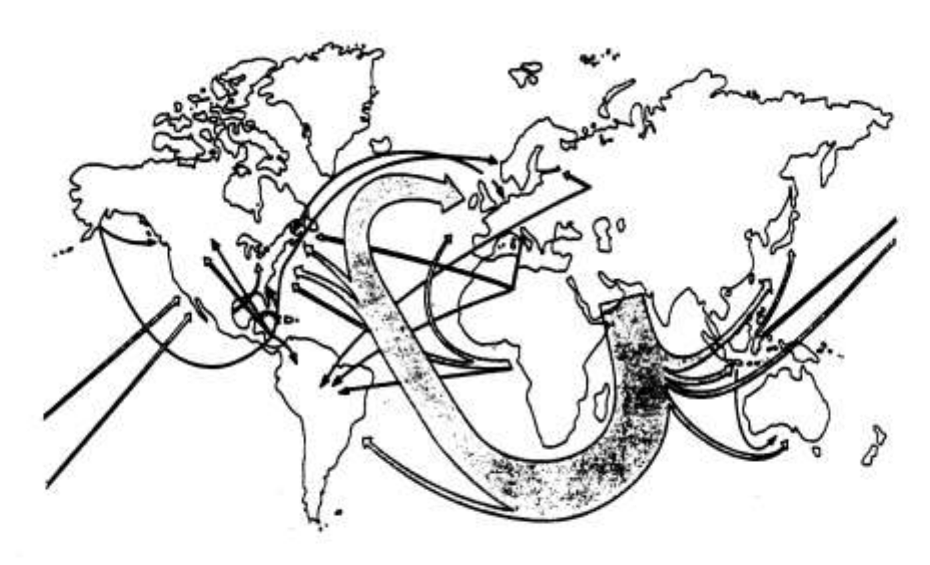
5. النفط Oil

تطور اهتمام الناس بتلوث المياه بالنفط حديثاً نسبياً بسبب عدة حوادث. واول حادثة عالمية رئيسة كانت عند غرق ناقلة النفط العملاقة توري كانيون Torry canyon عند ارتطامها بالصخور في ساحل كورنويل Cornwall في 18 آذار 1967وانساب نصف حمولتها التي تعادل 120 الف طن من النفط. وقد سبقت هذه الحادثة حوادث خطيرة اخرى وان كانت بحجم اقل. وهذا الاهتمام جدد حديثاً عندما وقعت حادثة اكبر في الناقلة اموكو كاديز Amoco Cadiz في عام 1978 عندما تأثرت عدة كيلومترات من سواحل شمال فرنسا حيث انساب النفط في بحر الشمال. فضلاً عن تسرب النفط بكميات هائلة في بداية التسعينات في الخليج العربي .

ان النفط أو البترول Petroleum او النفط الخام Crude oil عبارة عن مركب معقد تشكل الهيدروكاربونات (الكاربونات المهدرجة) 95% من مكوناته بالاضافة الى عناصر الاوكسجين والكبريت والنتروجين والمعادن كالنيكل والفانيديوم والحديد والنحاس . حيث هناك آلاف من المركبات الهيدروكاربونية التي تقسم الى ثلاثة انواع رئيسية هي :

1. هيدروكاربونات خفيفة : وتحتوي على 1−5 ذرات من الكربون.
2. هيدروكاربونات متطايرة : عادة سوائل وتحتوي على 6−14 ذرة كربون .
3. هيدروكاربونات ثقيلة : وتحتوي على 14 ذرة كاربون واكثر .

ويعد النفط عصب الحياة لحضارتنا الحالية وسيبقى كذلك للمدى القريب المنظور حيث انه يزود اكثر من 65% من حاجة العالم للطاقة. وتعد الصناعات النفطية من الصناعات الهامة في العالم وان احتمالات التلوث ستكون كبيرة اذا ماعرفنا بان ناقلات النفط تقوم بنقل اكثر من 8×10^{8} طن من النفط الخام سنوياً في انحاء مختلفة في العالم. وتعد منطقة الخليج العربي وشبه الجزيرة العربية من اهم مصادر النفط في العالم (الشكل 4–6). وتظهر آثار التلوث بالنفط على السواحل البحرية بثلاث اشكال رئيسة هي :



الشكل (4–6) : طرق النقل البحري الرئيسة للنفط (Lobban and Harrison 1994)

1. ترسبات قيرية شبه صلبة وهي النوع الشائع.
2. النفط الشديد اللزوجة خاصة الانواع الثقيلة منه.
3. الزيت السائل أو الطليق مثل زيت الوقود والعادي او زيت الديزل .

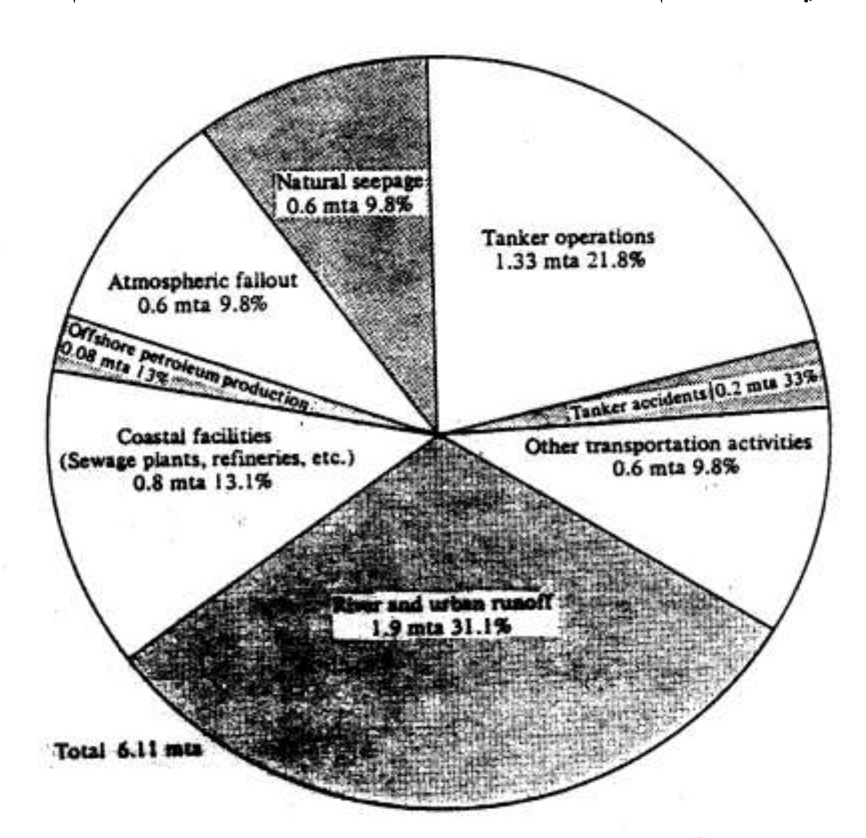
مصادر التلوث بالنفط

يمكن اجمال مصادر تلوث البيئة البحرية بالنفط من المصادر الرئيسة الآتية (شكل 4–7):

1. انسياب النفط طبيعياً في بعض مناطق العالم دون تدخل الانسان.

2. تصدع مكائن النفط الطبيعية القريبة من السواحل البحرية والمسطحات المائية الاخرى بسبب الزلازل وانفجارات البراكين.

3. عمليات التنقيب واستخراج النفط الخام ومشتقاته من البحار ومن المناطق القريبة من الممرات المائية. رغم المجهودات التي تبذلها الشركات النفطية في تدارك ومنع التسرب في عمليات استخراج النفط ومشتقاته من البحار ولكن الاحتمالات تبقى موجودة في هذا التسرب الى مياه البحار سواء من خلال استثمار الآبار النفطية في عمق البحار أو من ناقلات النفط خاصة الكبيرة منها التي تقارب سعتها من نصف مليون طن كما حصل في حادثة توري كانيون عام 1967 وحادث سانتا بربارا Santa Barbara عام 1969.



الشكل (4-7) : مصادر النفط في المحيطات مقدرة بملايين الاطنان المترية (mta) ، والمجموع 6.11 مليون طن متري (Lobban and Harrison 1994)

4. انفجار الآبار النفطية وتسرب النفط الى الممرات المائية. وعلى سبيل المثال لا الحصر فقد انفجرت بئر بحرية استكشافية حفرتها شركة النفط الوطنية المكسيكية في حزيران 1979 على بعد 80 كيلومتراً من ساحل خليج كامبينش واندفع منها 475 الف طن من النفط الخام الى البحر قبل ان يتم اغلاقها بعد 290 يوماً. وقد جرفت معظم البقع النفطية في حين تولت اشعة الشمس تبخير جزءً منها واستقرت كميات منها في قاع البحر. وقد وصلت حوالي حوالي 1% من البقع النفطية الى سواحل ولاية تكساس ووصلت نسبة 6% الى الجزر المجاورة ولوثت شواطئها واثرت في الثروة السمكية والنباتات المائية.

5. حوادث ناقلات النفط. وقد تم التطرق الى بعض الامثلة.

6. انفجار الانابيب النفطية وتسرب النفط الى الممرات المائية. وقد تسرب النفط خلال 1980 من الانابيب الى الخليج العربي بمقدار 15 ألف طن وتكرر ذلك في السنوات اللاحقة.

7. تسرب النفط من موانئ التحميل والتفريغ للنفط الخام .

8. عمليات التنظيف الدوري لناقلات النفط وازالة الترسبات وتفريغ مياه الموازنة للسفن.

9. قذف المخلفات النفطية من ورش تصليح السفن الى المياه ومن المصانع ووحدات تكرير النفط القريبة من الممرات المائية.

10. تسرب النفط من خزانات السفن والقوارب .

11. طروحات الانهار والمخلفات السكانية والانشطة الصناعية والتي تقدر بحدود 1و9 طن متري سنوياً (الشكل 4–7). والتي تشكل اعلى نسبة من المصادر الاخرى.

12. المتساقطات من الهواء الجوي الملوث بالمركبات الهايدروكاربونية.

ويلاحظ من المصادر اعلاه بأن معظم مصادر التلوث بالنفط يأتي من المخلفات النفطية للصناعات النفطية والمخلفات السكانية والعمليات المختلفة الخاصة بحمولات الناقلات النفطية والتي تصل الى حدود 53% من مجموع المصادر (الشكل 4–7).

تأثير التلوث النفطي في الاحياء المائية

يمكن استعراض تأثيرات التلوث بالنفط ومشتقاته في بعض الاحياء المائية وكما يأتي:

أ. تأثيره في الاسماك :

1. تدمير المادة المخاطية التي تغطي جسم السمكة، فعلى الرغم من كون الاسماك ذات اجسام مغطاة بطبقة مخاطية لزجة لا يمكن للنفط الالتصاق بها بسرعة . لكن وجد بان المواد النفطية ذات تأثيرات مدمرة لهذه المادة.

2. زيادة الوفيات بتأثير مستحلب النفط Oil emulsion مع الماء وليس من النفط نفسه. وكما هو معروف ان الاسماك لها القدرة على تحاشي المناطق الملوثة بالهجرة منها مما يؤدي الى تقليل نسبة الوفيات نتيجة التأثير المميت للنفط إلا انه سجلت نسب عالية من الوفيات في حادثة الناقلة توري كانيون بتأثير مستحلب النفط مع الماء وليس من النفط نفسه.

3. اختناق بيوض الاسماك ويرقاتها، حيث ان بيوض الاسماك ويرقاتها الطافية على سطح المياه او التي تغطي الطبقات العليا من عمود الماء تكون معرضة لتأثير النفط حيث يموت اغلبها أو يباد كما حصل في موت بيوض الساردين بنسبة وصلت الى 90%في حادثة توري كانيون .

4. التشوهات الخلقية ليرقات الاسماك . فالبيوض المعرضة الى التلوث النفطي تنتج يرقات ذات اجسام مشوهة او لاتستطيع الحركة بصورة طبيعية وتموت عادة في اليوم الاول.

5. تراكم الملوثات النفطية في اجسام الاسماك التي تكسبها طعماً غير مستساغاً وذات احتمالية سمية للمستهلك خاصة الاسماك التجارية مثل الكطان والشبوط والبني والصبور. وتكون الاسماك الغنية بالمواد الدهنية اسرع تأثراً.

6. تأثير التلوث في العمليات الحيوية ومن اهمها النضج الجنسي والنمو . فالتلوث بالنفط يثبط او يؤخر هذه العمليات الحيوية.

7. اختناق الاسماك الصغيرة والكبيرة من خلال التصاق المواد القيرية على خياشيم الاسماك يمنع عملية التبادل الغازي بين المحيط والخياشيم مما يؤدي الى اختناق الاسماك وموتها .

8. لقد وجد بان تركيز 10–40جزء بالمليون من مادة البنزين والتلوين او الزيلين يكفي لقتل الاسماك .

ب. تأثيره في الطحالب:

1. منع حدوث عملية البناء الضوئي، حيثان انسكاب النفط على المياه وانتشاره لمسافات كبيرة فان بقعة الزيت تساعد في حجب الضوء اذا بلغت سمك طبقة النفط اكثر من 0.2 ملمتر مما يمنع عملية البناء الضوئي من القيام ويؤدي الى موت الطحالب.

2. وجد ان تركيز 0.0001-1 مل/لتر من النفط الخام يؤدي الى موت الخلايا ومنع انقسامها .

3. ان التاثيرات السمية للنفط في الطحالب تشمل مجالين. احدهما يرتبط بقيام النفط باحاطة الطحلب من الخارج والثاني من خلال اخذ الطحلب الهيدروكاربونات مما يؤدي الى اخلال في العمليات الحيوية في الخلايا. علماً بأن احاطة الطحلب بالنفط يعني تقليل انتشار ثنائي اوكسيد الكربون وكذلك وصول الضوء الى النبات. وقد اثبتت عدد من البحوث في العقدين الماضيين بأن الفعاليات الحيوية للخلية سوف تتأثر والتي تشمل عمليات البناء الضوئي والتنفس والنمو والمحتوى من الصبغات والشكل الظاهري والتركيب الدقيق للخلية. هذا يعتمد على الخواص الكيميائية والفيزيائية للنفط ومشتقاته.

4. وجد ان الطحالب الخضر المزرقة اكثر مقاومة من بقية انواع الطحالب للتلوث النفطي بصورة واضحة. وقد وجد طحلب *Oscillatoria* في المناطق الملوثة بالنفط.

5. موت الاعشاب البحرية خاصة الملتصقة عندما تغطى الصخور بطبقة سميكة من النفط.

6. ويؤثر النفط في التكاثر الجنسي وتكون الاطوار التكاثرية ولوحظ بان كل من الطحلبين الحمراء *Fucus edentatus* و *Laminania saccharina* اكثر حساسة الى التلوث بالنفط خاصة خلال اطلاق الكميتات او السبورات. وفي تراكيز قليلة لاتزيد عن 2 ميكروغرام باللتر من النفط الخام تكفي لمنع عملية الاخصاب Fertilization لطحلب الفيوكس *Fucus*، وذلك من خلال التأثير السمي للسبرم Sperm. والنبات الكميتي Gametophyte الذكري اكثر حساسية من الانثوي لكلا الطحلبين المذكورين اعلاه.

7. تثبيط انشطة الدنا والرنا DNA & RNA في الطحالب عند تعرضها الى تراكيز عالية من النفط الخام. فقد وجد من خلال تعرض الطحلبين الحمر *Grateloupia dichotoma* و *Polysiphonia opaca* إلى مستحلب النفط مع مياه البحر بتركيز 100-10000 جزء بالمليون لمدة 24 ساعة يؤدي الى نقص في ألدنا DNA . فضلاً

عن اختزال في الأنشطة النوعية لكل من RNA و DNA للطحلب الأخضر *Ulva lactuca* .

جـ. تأثيره في الطيور:

1. تأثيره في ثقل ريش الطيور الملوث بالنفط مما يصعب عليها الطيران.
2. عند محاولات الطير من تنظيف ريشه بواسطة منقاره سوف يأخذ كميات من النفط العالق في جسمه الى داخل الجهاز الهضمي ويسبب تسممه.
3. تداخل النفط مع العزل الحراري الذي يسببه الريش يؤدي الى موتها بسبب البرودة وتزداد قابلية تعرضها للاصابة بامراض مثل ذات الرئة.
4. عند انتشار بقعة الزيت يؤدي الى صعوبة حصول الطيور على غذائها من الاسماك التي تعيش عليها.
5. تعد طيور الغلموت Guillemonts من اكثر الطيور تأثراً ويليها طيور الاوك (طيور قصيرة العنق من طيور بحر الشمال) وهي الان اقل شيوعاً في معظم السواحل الجنوبية من بريطانيا قياساً لما كانت عليه قبل خمسة عقود من الزمن وربما يعود السبب للتلوث النفطي.

د. تأثيره في المحار :

1. انخفاض القابلية على الحركة لليرقات والصغار.
2. ضرر على المستوى الخلوي Cellular damage لليرقات وصغار المحار.
3. وجد ان تركيز 1−1000 جزء بالمليون يؤثر في عملية الاخصاب.
4. تراكم السموم والطعم غير المستساغ لكون المحار من المرشحات Filler feeders حيث تمرر كميات كبيرة المياه الملوثة بالنفط وهذا يؤدي الى ضرر في مزارع المحار.

هـ. تأثيره في القشريات :

1. يتلف التلوث النفطي مواطن البيض واليرقات والهائمات التي هي غذاء للروبيان.
2. تتأثر اليرقات الصغيرة بتراكيز النفط العالية اكثر من البالغين حيث ان الكبار تتخلص من منطقة التلوث بالهجرة .
3. وجد ان تراكيز 70−170 جزء بالمليون من مستحلبات النفط الخام تكون سامة على القشريات غير المتحركة .
4. انخفاض في قدرة القشريات على الحركة وتأخر عملية الانسلاخ.

و. تأثيره في الاحياء الاخرى:

1. تعد شوكية الجلد وخيار البحر من اكثر الاحياء حساسية وتأثراً حيث تختفي او تنقرض في المياه المتعرضة للتلوث النفطي .

2. ان الاحياء التي تتنفس الهواء كالافاعي والسلاحف والدلافين وجد انها تنتحر على الشواطئ لاصابتها بضيق التنفس.

3. واستخدمت النواعم كأدلة لمستويات من التلوث بالهايدروكاربونات في المناطق الساحلية.

4. وفي منتصف الثمانينات شوهد قطيع من الحيتان يجنح على سواحل تسمانيا جنوب استراليا في عملية انتحارية جماعية ام جمهور من سكان المنطقة الذين لم يستطيعوا منع هذه الظاهرة بالرغم من الجهود التي بذلوها لارجاعها الى المياه سعياً لانقاذها. ولم يفلحوا من انقاذ سوى أم واحدة مع وليدها من اصل 121 صوتاً حيث لاقت حتفها بعد قليل على الصخور الساحلية . وهذه ليست الحادثة الوحيدة فقد جنح قطيع من نوع هذه الحيتان على سواحل جزيرة يو الفرنسية عام 1963 في عملية مشابهة. ووقع حادث آخر في سواحل جزيرة نيوفاوندلاند في امريكا الشمالية عام 1979 حيث توفي من جرائه حوالي 200 حوت بعد فترة وجيزة من غرق ناقلة نفط كبيرة قرب المنطقة. ويرى المختصون بان هذه الحوادث الانتحارية التي تلجأ لها الحيتان الى الساحل تخلصاً من المعاناة التي تلقاها بعد تلوث المياه بالنفط الاسود لتلقي حتفها. ولابد من الاشارة هنا الى ان بعض المختصين بدراسة سلوك الحيوان لايتفقون مع هذا الرأي حيث يعتقدون بان مثل هذه الكوارث تحدث جراء خطأ في الملاحقة، اذ تخطئ الحيتان طريقها كما تفعل الخفافيش في بعض الاحيان عندما تخطئ طريقها لعدم رصد تردد الصدى بصورة دقيقة.

وهناك دراسات حديثة عن التأثيرات بعيدة المدى Long term effects للنفط في الاحياء المائية وتشمل مايأتي:

1. تداخل بعض الملوثات النفطية مع الاشارات الكيمياوية التي تستخدمها الاحياء المائية في حياتها حيث تعطي اشارات مخطوئة للحيوانات مما يؤدي الى ارباك عملياتها الحيوية ودورات حياتها. ومن اهمها المركبات ذات الاوزان الجزئية العالية.

2. ان المركبات الهيدروكاربونية لاتتغير خلال انتقالها في السلسلة الغذائية. لذا فانه سوف تتراكم في جسم الاحياء المائية. وتكون لهذه المواد قابلية على امتصاص مبيدات الحشرات ويكون هنا تأثير ترافقي (تآزري) Synergism effect بين المركبات النفطية

والمبيدات وينتج عنه موت هذه الاحياء، أو تكون وسطاً جيداً لنقل هذه السموم الى الانسان عند تناولها في غذائه.

أمثلة عن تلوث البحار

اولاً : البحر المتوسط Mediterranean sea

تحد حوض البحر المتوسط 18 دولة منها ثمانية اقطار عربية . ويقدر عدد السكان في المناطق الساحلية اكثر من 130 مليون نسمة وعدد السواح والمصطافين اكثر من 200 مليون سائح سنوياً. ومياهه فقيرة في كمية الاوكسجين الذائب . والتنقية الذاتية محدودة جداً. وتضخ فيه عدة انهار تحمل مياهها ملوثات مختلفة . ويحمل نهر الرون من فرنسا لوحده يومياً 20 طناً من المواد النفطية ترمى البحر.وتشمل الملوثات التي تدخل سنوياً الى البحر المتوسط المواد الاتية:-

320500	طن من الفوسفور
800000	طن من النتروجين
100	طن من الزئبق
3800	طن من الرصاص
21000	طن من الخارصين
120000	طن نفط خام
12000	طن فينول
60000	طن من الصوابين

فضلاً عن المعادن الثقيلة الاخرى الموجودة بكميات متفاوتة مثل الكادميوم والزرنيخ والنيكل والكروم والنحاس والمنغيز والسلينيوم, وجميعها لها تأثير سمي للاحياء البحرية. وبالرغم من ان الاحياء المائية مكيفة لهذه البيئة ولكن يهلك عدد كبير منها سنوياً بسبب الملوثات الموجودة في المياه.

وما ذكر من ملوثات اعلاه التي ترمى في البحر المتوسط . فأنه يضاف الى ذلك الفضلات السكانية للقرى والمدن المطلة على البحر وكذلك العدد الهائل من السواح اللذين يضيعوا كمية اخرى من مياه المجاري والنفايات مباشرة الى البحر وبدون معاملة. ويعتبر تلوث البحر المتوسط اكثر بعدة اضعاف من بحر الشمال . وفي ايطاليا يحذر من اكل المحار بسبب التلوث لاحتوائه على سموم من نفايات المصانع . وتحاول دول حوض

البحر المتوسط الحد من استمرار التلوث في هذا المسطح المائي شبه المغلق . ويعد التلوث عند السواحل اكثر بكثير مما هو عليه في اعالي البحر Open Sea ، ليس فقط قريبة من مصادر التلوث لكن حركة المياه السطحية والامواج تساعد على جلب المواد الملوثة الى السواحل . وفي بداية التسعينات اوضحت احدى الدراسات في المياه الاقليمية السورية عن الاسماك العظيمة بان بعض الاسماك الاقتصادية كانت تستوطن الشواطئ السورية بكميات كبيرة في الماضي وهي الان في طريقها الى الاختفاء من شباك الصيادين بل ان بعضها اختفى تماماً . ومن هذه الاسماك هي الغنبار *Dicentratchus labrax* والكربال *Umbrina cirrosa* وارفيدة *Belone belone*. وذلك بسبب تلوث هذه السواحل عضوياً (الصرف الصحي) او نفطياً.وتشمل المشاكل الاساسية في المناطق الساحلية التي حددتها اليونسكو UNESCO في منتصف السبعينيات بما يأتي :-

1. غياب عام لمعاملة فضلات المجاري مما يؤدي الى الطلب العالي للاوكسجين الكيموحيوي والاثراء الغذائي في بعض المناطق.
2. غياب معاملة المخلفات الصناعية مما يزيد من طلب الاوكسجين الكيموحيوي في بعض المناطق . وتشمل هذه المخلفات المواد العضوية واللاعضوية . ويعد الدانوب وايبرو والنيل وبو والرون والتايبر من الانهار المهمة في نقل المخلفات الصناعية وكذلك المعادن الثقيلة .
3. التلوث بالمبيدات الحشرية مثل مادة ديدي تي DDT بصورة رئيسية وكذلك مادة ثنائي الفينيل المتعدد التكلور Poly Chlorinated Biphenyls (PCB_3) المشابه لمادة دي دي تي كهايدروكاربونات مكلورة .
4. التلوث بالنفط ومشتقاته الذي يكون اساساً من جراء الحوادث او من خلال تنظيف الناقلات وكذلك من المخلفات غير المعاملة للصناعات النفطية .
5. التلوث بالكائنات المرضية خاصة تلك التي تتعايش مع الاحياء التي يستهلكها الانسان .

ثانياً: الخليج العربي Arab Gulf

يحتضن الخليج العربي ستة اقطار عربية اضافة الى ايران . ومياهه محصورة وضحلة حيث ان اعمق نقطة لا تتجاوز المئة متر. وتعد مياهه من اكثر المياه في العالم حرارة حيث تصل درجة الحرارة الى 35 درجة مئوية في المياه السطحية . ويعد شبه مغلق

كذلك حيث تصل مياهه من خلال مضيق هرمز (60 كم) بمياه خليج عمان ثم الى المحيط الهندي. ومن اهم مظاهر التلوث فيه هو التلوث بالنفط حيث ان الخليج العربي مع شبه الجزيرة العربية تعد من اهم مصادر النفط العالم (الشكل 4-5) . لذا فأن حركة الناقلات النفطية والسفن التجارية التي تدخل الخليج العربي بحدود 250 سفينة يومياً والتي ترمي نفاياتها من النفط المياه قصداً او اهمالاً سيعرض المياه الى التلوث . فضلاً من تفريغ مياه الموازنة وما ينجم من فقدان للنفط اثناء عمليات الحفر والتنقيب والحوادث العرضية . ويقصد بمياه الموازنة يتلك المياه التي ترميها الناقلات قبل عملية التحميل وتعبئة النفط الخام وهي ملوثة بالنفط ، حيث ان الخزانات لا يمكن ان تكون نظيفة تماماً بل يتبقى حوالي 0.2% من الحمولة عادة وتختلف هذه النسبة وفق نوعية النفط ودرجة الحرارة .

وقد وقعت عدة حوادث تلوث بالنفط من اهمها حادثتي بئرين من الآبار السعودية عام 1980 هما رأس التنورة والحصبة وانطلق منهما .حوالي 10 آلاف طن متري من النفط السعودي الى مياه الخليج سبب في موت جماعي للأحياء المائية عند سواحل قطر والبحرين وكانت القشريات والرخويات اسرع الاحياء تأثراً مع ان النفط قد استغرق عدة ايام للوصول الى هذه السواحل فقد خلالها اغلب المركبات السامة ، لذا فأن التأثير كان فيزياوياً اكثر مما هو تسمم كيمياوي كالاختناق وشل حركة الاحياء البحرية بسبب لزوجة الوسط المائي . وكان بين انواع الحيوانات التي شوهدت فيها نسب وفيات ثعابين الماء والسلاحف البحرية فضلاً عن عدة الاف من الطيور على سواحل البحرين .

وفي حادثة حقل نوروز 1983 حيث انطلق النفط من آبار الحقل في ايران من النوع الثقيل وسجلت وفيات تقدر بحوالي 1500 سمكة من ثعابين البحر وبعض السلاحف مثل انخفاض عدد بعض الاحياء الذي سبب زيادة في انواع اخرى من الاحياء مما ادى الى حالة اضطراب في البيئة البحرية بسبب اختلال التوازن الطبيعي لمكونات المجمعات السكانية . وسجلت حالات موت عدد من الطيور والحيوانات الثدية التي تعرف بالاطوم Dougong و 33 دولفيناً .

ثالثاً: البحر الكاريبي Caribbean Sea

تشير تقارير المعهد الدولي للبيئة والتنمية في عام 1983 بأن خمسة ملايين برميل من النفط كمتوسط تنقل يومياً على متن حوالي 100 ناقلة في ممرات ملاحية بين الحواجز المرجانية في البحر الكاريبي . وتتعرض مياه اليحر الدافئة الى تهديد الفضلات

التي تتدفق عليها من المصانع والمجاري في اكثر من 15 مدينة ساحلية . وتكون المناطق الساحلية اكثر تلوثاً بستة مرات من مناطق اعالي البحار بسبب الانتاج والعمليات النفطية في المناطق القريبة من السواحل . ويختلف تركيز الهايدروكاربونات في الرواسب اختلافات واسعة في المناطق الساحلية الكثيرة التلوث والمناطق غير الملوثة .

ويتواجد عدد من المعادن الثقيلة في البحر الكاريبي كالنحاس والزنك والفضة والكادميوم والزئبق والرصاص والسيلينيوم والزرنيخ . كما ان هناك مخلفات للمبيدات الحشرية والآفات مثل دي دي تي والهيدروكربونات المكلورة مثل الاندرين وداي الدرين وهيبتاكلور وهيكساكلوريد والدرين وميثوكسيكلور وميريكس وكلوردين . وقد وجد بأن الاندرين هو المسؤول عن قتل الاسماك . وبسبب تلوث البحر الكاريبي فأن الانتاجية الاولية فيه قليلة اذا ما قورنت مع مسطحات مائية اخرى في العالم . ويصب فيه نهر المسيسيسبي حاملاً معه فضلات مياه مجاري المدن وسموم المبيدات الحشرية الذائبة ومياه الصرف من حقول القطن وقصب السكر في الولايات الجنوبية من الولايات المتحدة الامريكية .

الأدلة البايولوجية لتلوث المياه

من خلال الدراسات والابحاث للمياه الملوثة تمكن العلماء من التعرف على انواع من الاحياء المائية التي تتواجد بكثرة او بصورة سائدة في نوع او اكثر من انواع التلوث. لذا استخدمت هذه الكائنات كمؤشر اولي في الاقل عن حالة ذلك المسطح المائي من وجهة نظر وجود الملوثات وانواعها. وقد تم انجاز العديد من الدراسات حديثاً لتشخيص بعض الانواع التي تعيش وتزدهر في المياه النظيفة غير الملوثة وكذلك في المياه الملوثة والتي اطلق عليها الادلة البايولوجية Biological indicators .

وتشير الدراسات الى ان بعض الاجناس من الطحالب يمكن اعتمادها كأدلة بايولوجية للمياه النظيفة غير الملوثة مثل :-

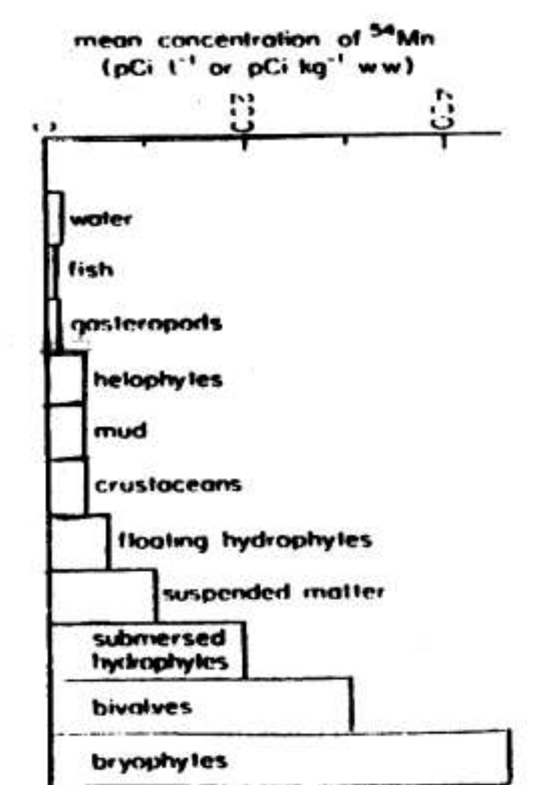
Ankistrodesmus , Cladophora , Cyclotella ,Chromulina , Lemanea , Navicula , Rhizoclonium Surirella ,Ulothrix . حيث ان معظم الانواع التابعة لهذه الاجناس تتواجد في مياه نظيفة غير ملوثة . فقد اثبتت الدراسات بأن النوع هو الاساس وليس الجنس في تحديد كونه دليل للتلوث او عدمه .

وقد لوحظ بأن بكتريا المجاري *Sphaerotilus natus* وكذلك الفطريات تزدهر في المياه الملوثة بفضلات المجاري . كما ان انواع اخرى من الطحالب تزدهر كذلك في المياه الملوثة تعود الى الاجناس التالية :-

Anabaena , *Anacystic* , *Arthrospira* ,*Carteria* ,*Chlorella* , *Chlamydomonas* , *Euglena*, *Lyngbya* , *Nitzschia* , *Oscillatoria* , *Cladophora* وقد وجد النوع *Phormidium* ,*Phacus* , *Spirogyra* . *glomerata* بغزارة في المياه الغنية بالمواد المغذية Nutrients ويعد هذا النوع عادة دليلاً لوجودالمعادن الثقيلة وبمستويات قليلة في المياه .

وتدل انواع من الطحالب الدايوتومية *Nitzschia kuetzingiana* و *N.palea* و *N.thermalis* على وجود تراكيز عالية من المواد العضوية النتروجينية. كما ان زيادة نمو الطحلب الاخضر وازدهاره مثل *Dictyosphaerium* والطحلب الاصفر الذهبي مثل *Chrysococcus* كانت مرافقة لظاهرة الاثراء الغذائي في نهر التايمس خلال مدة اكثر من 60 عاماً .

وتدل الدراسات بأن الدايوتومات من المجاميع النباتية الطحلبية التي تستخدم كأدلة لنوعية المياه. وتؤكد الدراسات بأن النباتات لها القابلية في تجمع بعض المواد الملوثة في مستويات عالية اكثر بكثير من تراكيزها في المياه المحيطة . فقد وجدت طحالب الكلادوفورا *Cladophora* بشكل خاص لها القابلية على تركيز دي دي تي ويمكن اعتبارها دليلاً جيداً للتلوث بهذه المادة . كما ان هذه الطحالب لها القابلية على تجميع النظائر المشعة . كما انها تستخدم مع طحالب *Lemanea* وبعض النباتات الحزازية كمؤشرات لتجمع المعادن الثقيلة . حيث تجمع الحزازيات Bryophytes بين 1−100 الف مرة من المعادن الثقيلة اكثر من تركيزها في المياه المحيطة . ويصل تركيز الكروم جداً عالياً في الحزازيات قد يصل الى 13 ملغم لكل غرام . كما تلعب الحزازيات دوراً مهماً كمؤشر للنظائر المشعة (الشكل 4−8) .



الشكل رقم (4–8) : معدل تركيزالمنغنيز المشع Mn^{34} في مياه نهر الميس Meuse في اوربا وفي الطين والاحياء المائية في جنوب موقع المعامل الذري لمدينة جوز Chooz في فرنسا (Descy and Empain 1984) .

وقد تختفي الحزازيات عندما تكون المياه ملوثة بدرجة كبيرة . كما يعد النوع *Platyhypnidium ripariodes* الذي يعود الى مجموعة الحزازيات الورقية Mosses كمؤشر جيد لتلوث المياه بالزنك .

وتنمو بعض الاحياء المائية ببطء او يتلاشى وجودها عند تلوث المسطح المائي بمياه المجاري الذي يكون مصاحباً بظاهرة نقص الاوكسجين الذي يحدد نهائياً نمو اللافقريات الحساسة لهذا التلوث كبعض انواع الحشرات التي تعود الى الرتب Plecoptera و Ephemeroptera و Trichoptera . كما تم ايجاد علاقة طردية معنوية بين تراكيز بعض المعادن الثقيلة في بعض اللافقريات وتراكيزها في البيئة المائية التي تعيش فيها. ومن هذه اللافقريات مجموعة من حشرات ذباب مايو Mayfiles وتشمل الانواع *Baetis spp* و *Rhithrogena spp* و *Emphemerella ignita* و *Eedyonurus venosus* . حيث تميل هذه الكائنات الى تركيز كل من الزنك والكادميوم والرصاص في مستويات اعلى من مجاميع الاحياء المدروسة الاخرى.

ويعد الروبيان حساساً جداً لوجود المبيدات ولو بتراكيز قليلة . وتستخدم النواعم بصورة عامة ادلة لمستويات التلوث بالهايدروكربونات في المناطق الساحلية . كما ان بعض الاسماك كالسلمون والتراوث تكون حساسة للتلوث وان وجدت فتكون ادلة بايولوجية للمياه النظيفة .

المنظمات الدولية ذات العلاقة

تعمل في نطاق الامم المتحدة (UN) United Nation ولعدة سنوات منظمات مختلفة ضمن اختصاصها لتنظيم وتشجيع برامج الدراسة والبحث في موضوع التلوث والحد او التقليل من خطورته والحماية منه . ومن هذه المنظمات :–

1. منظمة الغذاء والزراعة (FAO)

Food and Agriculture Organization

2. المنظمة الدولية للاستشارات البحرية (IMCO)

Inter-Governmental Maritime Consultative Organization .

3. اليونسكو (UNESCO)

United Nations Educational Scientific And Cultural Organization

4. المنظمة الحكومية لعلوم المحيطات (IOC)

Oceanographic Commission Inter-Governmental

5. المنظمة الدولية للانواء الجوية (WMO)

Organization World Meteorological

6. منظمة الصحة الدولية (WHO)

World Health Organization

7. الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)

International Atomic Energy Agency

وقد انبثق المؤتمر العالمي للامم المتحدة لبيئة الانسان الذي عقد في استكهولم في السويد حزيران 1972 حيث اختتم هذا المؤتمر بتوصيات قدمت الى الامم المتحدة ادت الى انبثاق برنامج البيئة في الامم المتحدة (UNEP) اختصاراً الى United Nations Environmental Programme لمتابعة توصيات هذا المؤتمر .

عملت الامم المتحدة وبعض المنظمات المتخصصة (IMCO.FAO.UNESCO.WMO.WHO.IAEA) و UNEP على تأمين مجموعة مشتركة من الخبراء تهتم في الظواهر العلمية للتلوث البحري Scientific Aspects of Marine Pollution(SAMP) والهدف الاساس لهذه المجموعة هو تزويد النصائح والمشورات العلمية للمنظمات اعلاه والى (IOC) ومن خلالها الى البلدان الاعضاء التي يزيد عددها عن اكثر من مائة دولة وتتضمن النشاطات والمشورات الرئيسة لهذه المجموعة للسنوات الاخيرة ما يلي :-

1. تقيم الاضرار والمواد الخطرة في البيئة البحرية .
2. الاسس العلمية للتخلص من النفايات في البحر بواسطة الغطس .
3. تجميع بقع النفط في البيئة البحرية .
4. الاسس العلمية في قياس التراكيز والتأثير للملوثات البحرية .
5. تبادل الملوثات بين المحيطات والغلاف الجوي Atmosphere.
6. الاسس لتطوير معيار لنوعية المياه الساحلية .
7. تضمينات التلوث البحري لانفجارات قاع البحر وتطوير المنطقة الساحلية .

8. التأثيرات البايولوجية للتفريغ الحراري على البيئة البحرية .
9. مراقبة التغيرات البايولوجية ذات العلاقة مع التلوث البحري .

ويعتبر المجلس الدولي لاستكشاف البحر (ICES) The International Council for the Exploration of the Sea المنظمة الدولية الرئيسية خارج نطاق الامم المتحدة المهتمة في دراسة التلوث البحري . ولهذا المجلس لجنتان متخصصتان تهتمان بعدة مواضيع وظواهر معينة للبيئة البحرية هما :-

1. اللجنة العلمية لبحوث المحيطات (SCOR)
Scientific Committee on Oceanic Research
2. اللجنة العلمية لمشاكل البيئة (SCOPE)
Scientific Committee on Problems of the Environment

كما ان الاتحاد الدولي لصيانة الطبيعة والموارد الطبيعية (IUCN) (The International Union of Conservation of Nature and Natural Resources) . له نفس الاهتمام بالنسبة للبيئة البحرية كذلك .

ويمكن الرجوع الى نشرة اليونسكو للتعرف على معلومات تفصيلية حول نشاطات المنظمات والهيئات الدولية فيما يخص اهتماماتها في موضوع التلوث المائي (Anon 1978). بالاضافة الى ذلك فأن معظم بلدان العالم لها مؤسساتها الرسمية وغير الرسمية وجمعيات علمية ومنظمات شعبية تعنى بأمور البيئة المائية وحمايتها من مخاطر التلوث وتعمل هذه الهيئات بالتعاون مع البلدان المجاورة في هيئات اقليمية او مع هيئات دولية .

معالجات تلوث المياه

تتوفر حالياً عدة طرق لمعالجة حالات تلوث المياه وتعتمد هذه الطرق اساساً على نوع الملوثات المائية ومصدرها . وكذلك على حجم التأثيرات الضارة لتلك الملوثات على البيئة المائية . وسيتم التطرق الى بعض هذه الطرق لانواع من الملوثات حيث يمكن تطبيق بعضها لمعالجة نوع من التلوث الذي فيه يرجع الى مصادر مختلفة. وعلى سبيل المثال قد تطبق نفس الطرق لمعالجة التلوث بالملوثات العضوية التي يرجع مصدرها

من مخلفات المجاري المنزلية او المخلفات الصناعية او الزراعية او غيرها وكلما تنوعت مصادر الملوثات وانواعها وازدادت تراكيزها كلما اصبحت المعالجات اكثر صعوبة (الشكل 4-9). وندرج ادناه اهم الطرق لمعالجة المياه الملوثة :



الشكل (4-9) : الانشطة المدنية المختلفة التي تؤدي الى تلوث مياه المجاري وبالتالي تلوث مصادر المياه السطحية (Morgan et al. 1993)

أولا: الطرق الميكانيكية

ويتم خلالها عزل الشوائب والمواد العالقة والمواد الكبيرة من المياه الملوثة وذلك بأستخدام المناخل او المصافي والمرشحات المعدة لهذا الغرض ويمكن فصل اكثر من 50% من الشوائب والرواسب العالقة من المياه الملوثة . وللحصول على نقاوة اكثر يتطلب استخدام عدة عمليات اهمها ما يلي :-

1. الترسيب Sedimentation
2. الترشيح Filtration
3. الادمصاص Adsorption
4. التبخر Evaporation
5. التحال (الفصل الغشائي) Dialysis
6. التعويم Flotation
7. المصيدة (الحزام) Skimming device
8. الطرد المركزي Centrifugation
9. التجميد Freezing
10. الموجات فوق الصوتية Ultrasonic waves
11. المعالجات المغناطيسية Magnetic Treatment

وقد تشترك اكثر من عملية للحصول على التنقية المطلوبة . فمثلاً تستخدم عمليات الترسيب والترشيح والادمصاص والتبخر في تنقية مياه الصناعات الكيمياوية وصناعة النسيج والحرير الصناعي، وعمليتا التعويم والمصيدة في عزل الدهون والشحوم وكتلة النفط للتخلص منها، والطرد المركزي لمعالجة الفضلات الصناعية الصدفية ، وتعالج المياه الملوثة من مصانع الورق مغناطيسياً وهكذا .

ويستخدم في ادمصاص الملوثات على سطح المواد الراتنجية او الكربون النشط حيث يمكن ازالة كثير من المبيدات العالقة بالمياه عند مرورها على مرشحات المواد الراتنجية. وتعتبر هذه الطريقة ممكنة من الناحية العملية لكنها غير اقتصادية نظراً لارتفاع تكاليفها وعدم امكان اعادة تنشيط الراتنجيات المستعملة بكفاءة عالية . ويمتاز الكربون المنشط بقدرة هائلة على ادمصاص المركبات العضوية لذلك اكدت الدراسات امكان استخدامه في محطات تنقية المياه لازالة الملوثات العضوية والمبيدات التي تكسب المياه طعماً ولوناً ورائحة غير مرغوبة، ويستعمل الكربون المنشط في محطات المياه

عادة على شكل مسحوق ناعم وتتفاوت الجرعة اللازمة اضاقتها للمياه تبعاً لتركيز المبيدات وتركيبها الكيمياوي لذلك يلزم اجراء بعض التجارب لتحديد الجرعة من الكربون المنشط المناسبة للتخلص من المبيدات لتأمين الناحية الاقتصادية وحسب ظروف التلوث السائدة .

ويمكن استخدام الكربون المنشط على هيئة مرشحات من الكربون الحبيبي وهذه الطريقة تعتبر من الوجهة العملية والاقتصادية افضل من استخدام مسحوق الكربون المنشط وذلك لان الكربون الحبيبي يمكن اعادة تنشيطه عدة مرات كما ان مرشحات الكربون الحبيبي لا تحتاج الى اختبارات يومية لحساب الجرعات اللازمة اضافتها للمياه كما هو الحال بالنسبة لمسحوق الكربون .

لذا يتضح مما تقدم بأن استخدام الكربون المنشط هو الافضل للتخلص من الملوثات العضوية بصورة عامة وكذلك يؤدي الى تحسين خواص المياه المعالجة من حيث الشفافية .

ثانياً: الطرق الكيمياوية

وتشمل الطرق الكيمياوية معاملة المياه الملوثة مع بعض المواد الكيماوية التي بدورها تتفاعل وتؤدي الى ترسيب المواد المطلوبة ازالتها من المياه للتخلص منها او تكسيرها الى وحدات او مواد اصغر اقل خطورة لتلوث المياه ، او استخدام بعض العمليات الكيمياوية التي تساعد على فصل المواد غير المرغوبة وتجميعها للتخلص منها . وقد تستعمل في محطات تنقية وتصفية المياه لازالة المواد العالقة باستعمال المجلطات المختلفة مثل املاح الشب او مركبات الحديد .

ومن العمليات التي قد تعامل بها المياه الملوثة كيمياوياً لتنقيتها ما يلي :-

1. التبلور Crystallization
2. الفصل الكهربائي Electrolysis
3. التحال الكهربائي Electro - dialysis
4. تبادل الايونات Ion exchange
5. التكسر (التحلل) Degradation
6. الاكسدة Oxidation
7. الطريقة الكيمياوية الكهربائية Electro – chemical method

وعلى سبيل المثال يفصل النحاس كهربائياً عن المياه الملوثة صناعياً التي تستخدم كبريتات النحاس. كما يستخدم التحال الكهربائي وتبادل الايونات في معالجة مياه المجاري. وقد يضاف الكلورين او ثنائي اوكسيد الكلورين او الاوزون في معالجة اكسدة مياه المجاري المنزلية. واضافة الكروم على هيئة املاح الكروم لمعالجة المياه الصناعية . وتستعمل الطريقة الكيمياوية الكهربائية في معالجة المياه الملوثة بالزيوت والشحوم والمشتقات النفطية التي تشمل استخدام طريقة التخثر بالكهرباء Electrolytic coagulation.

ثالثاً: الطرق البايولوجية

وتشمل هذه الطرق قيام الكائنات الحية الدقيقة في تكسير وتحلل المواد الملوثة خاصة العضوية منها وتكون بنوعين :-

1. طبيعياً (التنقية الذاتية Self purification)

التي تجري بصورة تلقائية دون اللجوء الى اضافات جديدة من الكائنات الحية حيث تتم بصورة طبيعية كما يحدث في مجاري الانهار او البحيرات عند اختلاط مياهها بالمياه الملوثة بنسبة 1الى 40 . وقد تستعمل بعض البرك او الاحواض الاصطناعية بعمق لا يتجاوز المتر الواحد لتعجيل العمليات البايولوجية الطبيعية خاصة في المناطق التي لا تنخفض فيها درجة الحرارة عن خمس درجات مئوية .

وتحدث التنقية الذاتية خاصة غير توفر الظروف الملائمة كالتهوية والاشعة الشمسية ودفء الجو ووجود البكتريا الهوائية ، وتزداد فعالية بصورة ملحوظة خلال فترة الفيضان وفصل الصيف اكثر من ازديادها في فترة الصيهود او فصل الشتاء .

2. اصطناعياً

تتم من خلال انشاء احواض خاصة ومرشحات بايولوجية وتوفير التهوية اصطناعياً واستخدام كائنات حية دقيقة بكثافات معينة . وتتكون الاحواض الهوائية من خزانات كونكريتية تتسرب من خلالها ببطء المياه الملوثة التي تتعرض الى التهوية المستمرة . ويتم خلط المياه بمادة الغرين الفعال Active silt مع الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا المكثفة ليتم تنقية المياه الملوثة خلال التحلل والاكسدة التي تقوم بها تلك الكائنات . وقد يتطلب الامر معاملة المياه بعدئذ بمحلول الكلور او كلوريد الكالسيوم للتخلص من الكائنات المرضية والمعدية .

اما الرواسب المتبقية من المياه القذرة فتمر عادة في مراحل اخرى مثل استخدام خزانات التعفن واحواض الترسيب . ويتم تعرض هذه الرواسب بعد تجفيفها طبيعياً بحرارة الشمس مباشرة . ويمكن الاستفادة منها كسماد جيد حيث تحتوي على عدة عناصر مغذية وضرورية لنمو النباتات والكائنات الحية الاخرى كالنتروجين والفوسفور والكالسيوم والبوتاسيوم والحديد والزنك والنحاس وبعض المواد العضوية.

وللحصول على نوعية افضل وتنقية عالية من المياه يتم معاملة المياه المعالجة قبل ارجاعها الى المياه السطحية بواحدة او اكثر من الخطوات التالية :-

أ- اضافة الكلور

ب- امرار الاشعة فوق البنفسجية وهي مكلفة اقتصادياً

جـ- التحلل الكهربائي

د- التشبع بالاوزون

هـ- اضافة محلول الفضة الغروي بنسبة 0.05 ملغم باللتر .

و- استعمال البروم وخاصة ما يحدث في مياه السباحة نظراً لخاصيته بعدم تأثيره على الاغشية الداخلية لعين الانسان .

ويمكن تقسيم البايولوجية الاصطناعية اعتماداً على وجود الهواء الى نوعين كذلك هما :-

أ. الطريقة الهوائية Aerobic method

وذلك بأستخدام الاحياء المجهرية الهوائية في تنقية المياه الملوثة ومعالجتها وهي الطريقة الشائعة في معالجة فضلات المجاري المنزلية والفضلات الصناعية مثل:

1. فضلات معامل التعليب (الفاكهة والخضر).
2. فضلات صناعة الحرير الصناعي .
3. فضلات صناعة وانتاج الغازات المطهرة كالفورمالديهيد .
4. مخلفات عجينة الورق التي تشمل السليلوز والكبريتات والنترات .
5. الفضلات الكيمياوية كالحوامض والمواد العضوية والفينولية .
6. المبيدات الكيمياوية مثل دي دي تي والفسفور العضوي .
7. الفضلات النفطية ومشتقاتها .

ب. الطريقة اللاهوائية Anaerobic method

ويستخدم فيها البكتريا اللاهوائية لمعالجة الحالات التالية للمياه الملوثة :

1. وجود طلب للاوكسجين الكيموحيوي في الماء بنسبة تزيد عن 500 ملغم باللتر .
2. وجود النتروجين والكربون .
3. وجود المواد العضوية السريعة الذوبان .
4. وجود بعض السموم .
5. ارتفاع درجة تركيز الهيدروجين (الاس الهيدروجيني) .

معالجة فضلات المجاري المنزلية

إن التلوث بالفضلات المنزلية غالباً ما يهم المياه الداخلية . وقد اهتمت الدول خلال 200 سنة الماضية بالتحسس لمشاكل التلوث وازداد هذا الاهتمام خاصة في الدول الصناعية المتقدمة.

وفي البداية لم يشكل التلوث مشكلة كبيرة حيث لم تكن التجمعات السكانية بتلك الكثافة مقارنة بالوقت الحاضر ، كذلك فأن التجمعات كانت متباعدة بين بعضها بحيث ان فضلات مجاريها المنزلية التي ترمى الى المياه السطحية يمكن التخلص منها من خلال التنقية الذاتية التي تحدث بصورة طبيعية وذلك فيما يتعلق بالتلوث بالمواد العضوية ، عدا التلوث بالجراثيم التي تعتبر مشكلة بحد ذاتها .

وقد اصبح تلوث المياه مشكلة كبيرة ومصاحبة للازدهار والتطور الصناعي والزيادة السكانية الكبيرة في العالم . حيث ان المصانع والمشاريع تستقطب الايدي العاملة فتنشأ تجمعات سكانية كبيرة في مكان محدد لذلك المصنع الذي عادة ينشأ قرب مسطح مائي. لذا فأن الفضلات البشرية بالاضافة الى فضلات ذلك المصنع سوف ترمى الى هذا المسطح وتؤدي الى تلوثه .

وعلى سبيل المثال لو اخذنا نهر التايمس في انكلترا فلم يكن تلوثه بالمشكلة الحادة حتى القرن الثامن عشر. وقد تضاعفت سكان لندن خلال الفترة منذ العام 1700 الى 1825 ووصل مليون وربع نسمة. وكانت مياه المجاري تتجمع في بالوعة (خزان فضلات) فردية او جماعية تفرغ بشكل دوري لاستخدامها كسماد للاراضي الزراعية المجاورة. وفي عام 1843 اعدت بالوعات رئيسية مقابل ابطال عمل 200 ألف بالوعة.

وكانت فضلات المجاري تطرح مباشرة الى نهر التايمس مما تسبب تلوثاً كبيراً مع انتشار وباء الكوليرا وظهور روائح كريهة من النهر مما عرقلت اعمال البرلمان ومحاكم القضاء . وفي عام 1865 وضع السيد جوزيف بازالكيت Sir Joseph Bazalgette مخططاً لتحويل فضلات المجاري عبر ثلاث بالوعات رئيسية الى منطقة تبعد 10 اميال جنوب جسر لندن تطرح فيها الفضلات وبدون معاملة الى النهر عند فترة اوطأ جزر. وقد لوحظ تحسن للنهر خلال مدينة لندن بالرغم من ان الفضلات للمجاري والصناعة من مناطق اخرى استمر رميها واضافتها لتلوث النهر. وكانت حالة النهر في منطقة المجرى السفلي بعد العاصمة رديئة جدا.

وخلال الجزء الاخير من القرن التاسع عشر اوصت لجنة تلوث الانهار عدة عمليات مختلفة للمعالجة واهمها تأكد ضرورة فصل المواد العالقة الصلبة في فضلات المجاري من المواد السائلة قبل رميها الى النهر. وفي نفس الوقت اقترحت فكرة معالجة الفضلات بايولوجيا ولكن لم تؤخذ بنظر الاعتبار للحد من التلوث في ذلك الوقت. وقد جمعت المواد الصلبة المعزولة لتكون مواد راسبة يتم التخلص منها برميها الى البحر مباشرة.

اما فكرة المعالجة بايولوجيا المقترحة من قبل ديبدين W.J.Dibdin المعتمدة على معاملة الفضلات بكترويولوجيا. وقد خضعت لعدة تجارب في نهاية القرن التاسع عشر وكانت اول معاملة قد نفذت في هذا المجال في بداية القرن العشرين عام 1914 في مدينة مانجستر ثم انشأت ثلاثة مصانع للتجارب عن المعالجة بايولوجيا في منطقة جنوب لندن في عام 1920. ومنذ ذلك الوقت استخدمت هذه المعاملة على نهر التايمس الذي اظهر تحسنا ملحوظا في نوعية مياهه خلال الستينات وظهر التنوع في المجاميع النباتية والحيوانية للنهر بعد ان كانت مفقودة لعدة سنوات.

ومن الامور التي تساعد في معالجة التلوث بالفضلات السكانية عدم تشجيع التجمعات السكانية الكبيرة جدا وتوزيع فرص العمل في البلد وتشجيع الريف وتطويره وجعله افضل للمعيشة بتوفير وسائل الراحة والخدمات المطلوبة. وتشمل كذلك تشجيع مبدأ الهجرة المعاكسة مما يساعد على توزيع السكان على مساحات اكبر وعدم تجميعهم ضمن مساحات محدودة كالمدن.

الأسس العامة لعمليات المعالجة

هناك ثلاثة اهداف رئيسية لمعالجة فضلات المجاري هي:

1. تحويل الفضلات الى نواتج ملائمة يمكن عندئذ رميها الى المياه وتكوين الرواسب التي من السهولة بمكان التخلص منها.
2. انجاز عمليات المعالجة بدون ازعاج او اساءة او ضرر للبيئة.
3. الاخذ بنظر الاعتبار الجدوى الاقتصادية وكفاءة تلك المعاملة.

مراحل المعالجة

وتضم اربعة مراحل لمعالجة فضلات المجاري من خلال انشاء شبكات المجاري الصحية خاصة للمدن الكبيرة وانشاء محطات تصفية لمعاملة الفضلات قبل طرحها الى النهر او البحر. وليس بالضرورة استخدام جميع هذه المراحل حيث يعتمد ذلك على كمية الفضلات ونوعها واستخدامها بعدئذ. كذلك على طبيعة الجو وتوفر المبالغ والايدي العاملة لانجازها وهذه المراحل هي:

1. المعاملة التمهيدية Preliminary treatment

   تشمل عزل المواد الكبيرة وازالة الحبيبات الرملية الخشنة.

2. المعاملة الاولية (الترسيبية) Primary treatment

   تشمل فصل المواد الصلبة العالقة وجعلها على هيئة مواد راسبة.

3. المعاملة الثانية (البايولوجية) Secondary treatment

   تشمل اذابة واكسدة المواد الغروية والعضوية بوجود الكائنات الحية الدقيقة.

4. المعاملة الثالثة Tertiary treatment

تستخدم عندما يراد الحصول على نوعية جيدة جدا من المياه. وتحتاج الى ازاحة اكثر للطلب للاوكسجين الكيموحيوي والبكتريا، والمواد الصلبة العالقة والمركبات السمية والمواد المغذية.

وتعتمد كمية المعاملة اللازم اجراؤها بشكل عام على كمية التخفيف الموجود في المياه المستقبلة وكذلك على نوعية الغرض من تلك المياه المطلوب معالجتها. وتستخدم المعاملة التمهيدية فقط في حالة رمي المياه بعدئذ الى البحر. في حين ان بالمعاملة الثالثة

يمكن ان تستفيد من المياه كمصدر لمياه الشرب. وهناك مواصفات خاصة من ناحية المكونات ونسبها بعد كل معاملة.

المعاملة التمهيدية

تمر فضلات المجاري خلال مناخل معدة لهذا الغرض. وهذه المناخل عبارة عن مشبكات لقضبان حديدية. وتزيل هذه المناخل جميع المواد الكبيرة كالخشب والورق والقناني. وتعمل هذه بشكل اوتوماتيكي وكل ما يفصل بالغربلة سوف يحرق او يهشم الى اجزاء صغيرة. اما الحبيبات الرملية الخشنة والصخور الصغيرة فانها تزال خلال مرور فضلات المجاري في قناة بسرعة ثابتة او خلال غرفة خاصة لتلك الحبيبات التي عندها يدخل الهواء عند القعر لتوليد انسياب حلزوني مما يجعل الحبيبات متجمعة على هيئة صفائح. وقد يتم ازالة الحبيبات هذه قبل عملية الغربلة او بعدها. ثم تمر فضلات المجاري بعدئذ الى المعاملة الاولية.

المعاملة الأولية

وتضم المعاملة الاولية عمليات الترسيب حيث تترسب المواد الصلبة العالقة على هيئة مواد مترسبة ويمكن التخلص منها بعدئذ. وهناك تصاميم مختلفة لاحواض الترسيب ولكن اكثر الانواع استخداما هي احواض تتميز بضحالة عمقها وذات تصميم شعاعي Redial design التي تعمل ميكانيكيا لازالة المواد المترسبة التي تعامل معاملة خاصة لاستخدامها كأسمدة. وتبقى الفضلات لعدة ساعات وتترسب حوالي 50% من المواد الصلبة العالقة كمواد مترسبة اولية. علما ان عملية الترسيب هذه تعد ارخص من المعاملة البيولوجية.

المعاملة الثانية

وهذه هي المعاملة البايولوجية التي تضم اكسدة المركبات العضوية الذائبة والغروية بفعل الاحياء المجهرية الدقيقة والاحياء المحللة الاخرى. ويجب توفير ظروف تهوية جيدة وذلك باقلال الطلب للاوكسجين الكيموحيوي BOD. وعندما يكون المناخ دافئا يمكن استخدام برك الاكسدة والناتج هو عبارة عن مواد مترسبة ثانية وهذه سوف تخلط مع المواد المترسبة الاولية (في المعاملة السابقة) وتوضع في احواض لهضم وتحلل هذه المواد المترسبة ذات ظروف لا هوائية لتحلل بوساطة الاحياء المجهرية الدقيقة.

وبالرغم من انه خلال المعاملة البايولوجية يتم التخلص من الملوثات لكن هناك بعض السلبيات في طرق هذه المعاملة حيث ان قسما منها مكلف اقتصاديا وهي التي تستخدم رواشح خاصة. اما طريقة برك الاكسدة فانها تبعث روائح مزعجة لسكان المنطقة المجاورة ولو ان هذه البرك تعمل فقط في حالة كون الجو مشمسا ودافئا وتحتاج الى مساحات كبيرة من الارض وتكون المياه المعاملة بعدئذ كدرة بسبب وجود جماعات من الطحالب بالاضافة الى تكاثر الحشرات في البرك خاصة البعوض.

المعاملة الثالثة

يستوجب في حالات عديدة الحصول على نوعية افضل من المياه ولذا تحتاج الفضلات الى معاملة اخرى لمنع التلف التدريجي لنوعية المياه وبذلك يتم الحصول على نوعية افضل. وهذه العملية تدعى بعملية التحسين لنوعية المياه. وتضم معاملات مختلفة منها ازاحة النترات والفوسفات ثم تستعمل الطريقة الشائعة بامرار ما ينتج من المعاملة الثانية بسرعة ومن خلال مرشحات رملية او مصافي صغيرة جدا التي سوف تنتج بعدها مياه ذات طلب للاوكسجين الكيموحيوي اقل من 10 مليغرام باللتر المستوى ذاته من المواد الصلبة العالقة. ويكمن ان استخدام الناتج في ري الاراضي الزراعية او رمية الى النهر او الهور عند تواجده بتخافيف معينة او يرمى في منخفضات مائية غنية بالمواد المغذية ذات النمو السريع للاسماك وبذلك تدعم هذا النمو وكذلك تغطي الكلفة والنفقات لهذه المعاملة.

إزالة الجراثيم

يعتمد تحديد عدد الجراثيم خلال عمليات معالجة فضلات المجاري على طول فترة المعاملة، والتحلل الكيمياوي للفضلات ودرجة التكسر او التحلل والقوى المضادة للمجاميع النباتية ودرجة تركيز الهيدروجين ودرجة الحرارة الملائمة وعوامل اخرى. فقد وجد بأن استخدام المرشحات التقطيرية Trickling filters سوف يقلل كثافة *Salmonella paratyphi* بحوالي 84−99% والفايروس المعوي بحوال 40−60% واكياس النوع *Entamoeba histolytica* بحوال 88−90% بينما تسفر منخفضات استقرار الفضلات Waste stabilization lagoons فقدان اكثر للجراثيم. كما ان التخفيف الكثير للمياه الملوثة خلال المعالجة قد يكون كافيا لاقلال مدى انتشار الجراثيم

او تأثيرها. وتبقى المشكلة اكبر في بالوعات (خزانات الفضلات) المنازل التي تكون عادة مليئة بدون صيانة كافية وتخضع الى تفريغ مفاجئ وسريع.

معالجة الملوثات الصناعية

اضافة الى ماذكر في معالجة التلوث للمخلفات المنزلية فان مبدأ الوقاية من الملوثات الصناعية اساسا هو الحد من تأثيراتها التي تتم من خلال اتباع عدة خطوات اهمها:

1. الاخذ بنظر الاعتبار التوزيع الصناعي الصحيح الذي يضمن عدم تلويث الموارد المائية بحيث يكون توزيع مواقع المشاريع الصناعية وخاصة الكبرى منها في مساحات كبيرة من الاراضي منعا من تجمع او تراكم الملوثات الناتجة عن ذلك.
2. اختيار الصناعات التي تطرح اقل ما يمكن من الملوثات قرب التجمعات السكانية الكبيرة.
3. معاملة الفضلات الصناعية قبل رميها الى المياه السطحية في النهر او البحر حيث يجب ان يزود كل مشروع صناعي بوحدة للمعاملة التمهيدية والاولية لازالة المواد الكبيرة والعالقة ويفضل ان تكون هناك معاملة ثانية كذلك لازالة المواد العضوية الذائبة. اما المعاملة الثالثة فلا تستخدم هنا الا عند اعادة استعمال المياه مرة اخرى حيث انها عملية باهظة التكاليف.
4. ضرورة التأكيد على وجود وحدة ابحاث يضم مختبرا او اكثر لمتابعة سير عملية المعالجة والسيطرة على التلوث ملحقا بكل مشروع صناعي، يشرف عليه متخصص .

معالجة الملوثات الزراعية

وكما ورد سابقا فان الملوثات الزراعية تشمل الاسمدة والمبيدات الكيمياوية التي تصل المسطحات المائية خلال عمليات البزل والتصريف من الاراضي الزراعية لذا فان السيطرة على هذه الملوثات اساسا يعتمد على السيطرة على البزل والتصريف الى الانهار او البحار من الاراضي الزراعية وذلك بتجنب بزل الاراضي نحو مجاري الانهار ومحاولة تصريف المبازل الى البحار وذلك لتخفيف وتحديد تأثير تلك الملوثات على الانهار والمناطق السكانية المجاورة كما ان رميها الى البحر سوف يقلل من تأثيرها وذلك من خلال تخفيفها بمياه البحار. ومثال حي لهذه الخطوة هو ما تم انجازه في القطر العراقي

ضمن مشروع شط البصرة الذي يصب فيه مياه المبازل ومن ثم الى الخليج العربي وابعاد تأثيرها.

وفي الحالات الضرورية يجب القيام بمعاملة مياه المبازل للتخلص من املاح الفوسفات والنترات كما ذكر سابقا في المعاملة الثالثة منعا من تكون ظاهرة الاثراء الغذائي وما يلحقها من مشاكل في تردي المسطحات المائية وبخاصة القليلة الجريان كما يحدث ذلك في افرع شط العرب ضمن مدينة البصرة (جنوب العراق) وخارجها القريبة من الاراضي الزراعية وفي مواسم مختلفة.

كما يجب العمل على تجنب استعمال المبيدات الكيمياوية التي تقاوم التحلل مثل دي دي تي ومركبات الفينول واستعمال مبيدات سريعة التحلل حتى لا تتجمع وتتركز في المسطحات المائية والاهم من هذا عدم الاسراف في استعمال المبيدات العضوية الا عند الضرورة للسيطرة على الافات الزراعية والحشرات الضارة وتحسين الظروف الصحية.

معالجة التلوث بالنفط

بعد حادثة الناقلة توري كانيون التي تزيد حمولتها عن 100 الف طن قرب الشاطئ الجنوبي الغربي في انكلترا عام 1967 وما تلاها من تلوث اصاب الشواطئ الانكليزية والفرنسية ازداد الاهتمام في العالم للحد من ظاهرة التلوث بالنفط في البيئة المائية. وكما هو معروف فان التلوث بالنفط ليست مشكلة بلد بل هي مشكلة تعاني منها كل دول العالم لذا من الواجب التعاون والتنسيق بين الدول خاصة المطلة والمشتركة في مسطح مائي واحد كما هو الحال في الخليج العربي والبحر المتوسط وبحر البلطيق وهكذا للحد من هذه الظاهرة.

وفي المعالجة والحد من التلوث بالنفط يجب اتباع الامور التالية:

أولا: عمليات التحميل في المصبات النفطية البحرية :

وتشمل الاخذ بنظر الاعتبار ما يلي:

1. اتخاذ الاجراءات الوقائية الحاسمة بتطبيقها بدقة.
2. العمل على انشاء ارصفة نفطية خاصة لاستقبال فضلات الناقلات وانشاء اجهزة لمعالجة المياه التي تطرحها البواخر قبل رميها الى مياه البحر.
3. استخدام احدث الاجهزة في حالة التحميل كأستخدام اجهزة لامتصاص الصدمات الردية على خط الضخ.

4. وينبغي الزام الشركات المصدرة بالتعاقد مع ناقلات تستخدم طريقة التحميل فوق الرواسب وهي طريقة حديثة وفعالة نوعا ما وتستعملها حاليا اكثر الناقلات الموجودة في البحار.

ثانيا: حوداث التلوث بالنفط وطرق معالجتها:

يجب ان تتوفر وسائل اطفاء كافية لدى الجهات المختصة والمسؤولة عن الشواطئ لمكافحة الحوادث العارضة واثار التلوث عن السفن التجارية والمعامل الشاطئية. وفي حالة احتواء او امتصاص بقع النفط والحد من تسربه تستخدم احد الطرق التالية :

1. الطرق الميكانيكية

ويتضمن ما يلي:

أ- استعمال الاحزمة او الحواجز الطافية او العوامات البحرية التي يمكن ان تفضل النفط وتمنعه من الانتشار حيث توصلت بعض الشركات الى تصميم انواع من البواخر الضخمة التي يمكن ان تصنع لهذا الغرض حتى في حالة وجود الامواج العالية نسبيا.

ب- استعمال المواد الماصة التي تعرقل حركة الكتلة النفطية جزئيا ويجري جمعها والتخلص منها بالحرق عادة او قد تتسرب الى القاع عندما يزيد ثقل المواد الماصة بعد التصاقها بجزيئات النفط. وهناك الكثير من المواد (عضوية ولا عضوية) تستخدم لهذا الغرض مثل الحشائش الجافة والاعشاب البحرية والقش والتبن ونشارة الخشب والصوف الزجاجي والفيرمكيولايت والمايكا او بعض الكيمياويات النفطية المصنعة على شكل رغوة مثل البولي يورثين والنايلون وبولي ايثر والبولي اثلين. وتعتمد كفاءة كل مادة على حجم مساماتها بتناسب طردي وعلى لزوجة النفط بتناسب عكسي وترش هذه المواد من قوارب صغيرة الا ان جمعها يعتبر عملية صعبة وتتم بواسطة شبكات دقيقة وتنقل الى حيث يمكن التخلص منها بافران خاصة او استعادة المواد النفطية لاستعمالها مرة اخرى اذا كان ممكنا وحسب نوع المادة وكلفتها الاقتصادية.

جـ- استعمال طريقة المص بواسطة اجهزة خاصة لفصل النفط من الماء.

د- استعمال القاشطات وبواسطة اجهزة خاصة للتخلص من النفط خاصة في حالة تكون طبقة سميكة منه.

هـ- استعمال اجهزة الحزام الناقل باستخدام ماكنة ذات حزام يمرر بطبقة النفط ذي اللزوجة العالية حيث يلتصق بالحزام ثم يتم التخلص منه.

و- وفي الفترة الاخيرة بدأ اهتمام واضح في استخدام الطاقة الشمسية (الضوء المرئي) في تفكك جزئيات النفط باستعمال المساحيق شبه الموصلة Semiconductor للتجزئة الضوئية او التفكك الحراري للمواد العضوية. فقد استخدم الزيولايت وثنائي اوكسيد التيتانيوم في الاكسدة الضوئية للكسيروسين. كما تم استخدام مزيج من اشباه الموصلات. واجريت دراسات عديدة في مجال التأكسد الضوئي باستخدام محفزات عضوية حيث تعد التفاعلات الضوئية المحفزة Photo catalytic reactions احدى الطرق المهمة في التفاعلات الكيماوية ولا سيما تلك التي لا يمكن ان تجري في ظروف التفاعلات الحرارية Thermal reactions. كما ان كلفة المواد المستخدمة اقل من نظيراتها في التفاعلات الحرارية فضلا عن سهولة الحصول عليها. وحيث ان الهيدروكاربونات الالفاتية من اشد الجزيئات المقاومة للتفكك الضوئي ضمن مكونات النفط الخام، فقد ظهر ان هذه المحفزات غير الذائبة في الماء الى جزيئات حاملة لذرة الاوكسجين (كحولات والدهايدوكيتونات وغيرها) وتذوب في الماء او تصبح على شكل كربونات وتختفي من سطح المياه وبذلك تزول مشكلة تلوث هذه الجزيئات للمياه.

2. الطرق الكيمياوية

وتستعمل مواد خاصة من شأنها تسهيل عملية تبديد البقع النفطية وكذلك تسهيل عملية التكسير او التحلل البايولوجي الذي يتم بواسطة الاحياء المجهرية الدقيقة وقد يحول النفط باستعمال المواد الكيمياوية الى مادة جيلاتينية وتتجمع هذه المادة باستخدام تيار هوائي وتحت ضغط عال يمكن التخلص منها بعدئذ.

وقد تستخدم بعض المواد الكيمياوية لحرق النفط ذي اللزوجة الواطئة كالنفط الذي ينتشر بسرعة ويشكل طبقة رقيقة. ومن مساوئ هذه الطريقة اضافة ملوثات الى الهواء من خلال الدخان المتصاعد عند الحرق.

وهناك وسائل كيمياوية اخرى كاستعمال الوسائط لزيادة سرعة الاكسدة والتحلل. وبصورة عامة يكون استعمال المواد الكيمياوية مضرا كذلك على البيئة البحرية لكن تأثيرها سيكون اقل من تأثير وجود النفط في المياه. لذا تستعمل المواد الكيمياوية في حالة عدم توفر وسيلة اخرى للتخلص من هذا الملوث.

3. الطرق البايولوجية

ويتم استعمال بعض انواع البكتريا التي تعمل على الأكسدة الحيوية حيث تتأكسد الهايدروكاربونات وتتحول الى مواد ابسط وهي برافينات ذائبة في المياه اقل خطورة وهذه الطريقة بطيئة اذا ما قورنت بالطرق الاخرى ولا تظهر نتائجها الا بعد فترة قد تتجاوز السنة او اكثر. ويمكن استعمال بكتريا البسود وبسودوموناس.

ثالثا: مجال التعاون الدولي

وكما تم التطرق له سابقا انه لا يمكن لدولة بمفردها ان تقوم بمعالجة تلوث النفط لذا فأن وضع خطة للتعاون بين الدول المجاورة لمسطح مائي واحد بات امرا ضروريا. وسوف تشمل الخطة عددا من الامور منها النقاط التالية:

1. التعاون مع الهيئات الوطنية والدولية ذات العلاقة بموضوع التلوث البحري بالنفط بصورة خاصة.
2. تقديم المعونة الفنية والخدمات الاستشارية للدول الاعضاء.
3. مسح ومراقبة التلوث في اعالي البحار.
4. اقتراح وتشجيع المعاهدات الثنائية والمتعددة بين الدول الاعضاء.
5. تشجيع وتنسيق تبادل المعلومات والبحوث المتعلقة بالتلوث البحري بين الدول الاعضاء.
6. العمل على القيام بالابحاث العلمية الهادفة الى علاج المشكلة ودعمها ماديا ومعنويا من قبل الاطراف ذات العلاقة.

توصيات عامة للحد من ظاهرة تلوث المياه

اضافة لما ورد اعلاه من طرق لمعالجة انواع الملوثات المائية بدلا من الاشارة الى بعض الامور الواجب الانتباه لها واخذها بنظر الاعتبار للمحاولة الجادة الى وضع حد من ظاهرة تلوث المياه. واهمها ما يلي:

اولاً: العمل على زيادة الوعي البيئي لدى المواطنين وبكافة السبل والوسائل المتاحة من خلال اعداد برامج للتوعية الجماهيرية البيئية خاصة لبعض العاملين ذوي العلاقة كالمهندسين المعمارين والاقتصاديين ومخططي المدن والمهندسين الزراعيين والاطباء والفنيين العاملين في البلديات وغيرهم. ومحاولة ادخال موضوع التربية البيئية في مختلف المراحل الدراسية ابتداء من رياض الاطفال وانتهاء بالمرحلة الجامعية.

ثانياً: قيام مجلس لحماية البيئة يشارك فيه عدد من المتخصصين والمهنيين من الجامعات ومجلس البحث العلمي ووزارات الصحة والنقل والنفط والبلديات والعدل وغيرهم لاقتراح التشريعات المحلية والحدود المسموح بها من المواد الملوثة في البيئة المائية ووضع خطة لدراسة تأثيراتها وطرق معالجتها، والمساهمة في انشاء المختبرات وتدريب الفنيين على تحديد نوعية الملوثات وكميتها وطرق معالجتها والتنسيق في الابحاث العلمية في هذا المجال. ولا بد من تظافر الجهود جميعها لتؤدي خدمة هذا الهدف. وعلى سبيل المثال كان لتطبيق قانون حماية المياه عام 1964 في فرنسا اثارا ايجابية في الحد من تلوث المياه وارتفعت عدد المحطات لتقنية المياه خلال عشر سنوات من الالف الى اربعة الاف محطة.

ثالثاً: تكون الانهار والمياه الداخلية كالبحيرات والاهوار التي تتعرض مباشرة الى انواع الملوثات ومن ثم ترمي الى البحار لذا ينبغي ان توجد سلطة ادارية فنية تكون مسؤولة عن كل نهر ومسطح مائي داخلي وما يطرح فيها وطريقة استعمال مياهه. وهذه السلطات او المؤسسات تدعى بالسلطات النهرية River Authorities كما معمول به في البلدان المتقدمة ويكون من اهم واجباتها مراقبة الصناعات والمجاميع السكنية والزراعية والتأكد باستمرار ما يطرح من المواد الى المياه ومقارنة صفات ومكونات مع المعايير او المقاييس المحلية والعالمية الموضوعة من قبل الهيئات المختصة والتأكد من قيام محطات التصفية بواجباتها.

رابعاً: الزام كافة المؤسسات الصناعية والانتاجية منها خاصة تلك القريبة من المسطحات المائية بانشاء وحدة عمل او مختبر ملحق بها ليكون واجبها مراقبة معاملة الفضلات قبل رميها الى المياه للحد من تلوثها والوقوف على كافة خطوات معاملة الفضلات وتقديم تقاريرها الدورية عن أي خلل قد يحدث.

خامساً: استعمال البدائل المختلفة للمواد الضارة باخرى اقل ضرر للانسان وبيئته مثل استعمال الطرق البايولوجية وغير الكيمياوية لمكافحة بعض الامراض والافات الزراعية وتجنب استعمال المبيدات العضوية غير القابلة للتحلل مثل دي دي تي والاقلال من استعمال الاسمدة الزراعية إلا عند الضرورة.

سادساً: التنسيق والتعاون بين الدول خاصة تلك المطلة على مسطح مائي واحد، كالخليج العربي والبحر العربي والبحر المتوسط وبحر الشمال وغيرها في مجالات معالجة ظواهر التلوث المائي والحد منها وتبادل الخبرات ووضع التشريعات والتعليمات اللازمة للحفاظ

على بيئة ذلك المسطح المائي خاصة فيما يخص بالزام الناقلات النفطية بعدم رمي نفايات الى البحر الا على بعد معين عن الشواطئ او المياه الاقليمية .

المصادر العربية

- الأطرش ، طه . 1974 . تلوث نهر بردى من الفضلات المنزلية والصناعية وطرق الوقاية منه في " التلوث " جمال حسين السمرة (المحرر). صفحة 50-59 . المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم .
- بدير ، حسن محمد . 1984. مظاهر لتلوث مياه الخليج العربي بالنفط . مطبعة جامعة البصرة .
- حلوم ، منذر بدر. 1999 . بعض مصادر تلوث مياه الآبار بالمبيدات في الساحل السوري. مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة . 2 (1) : 66-74.
- خليل، مجدي توفيق . 1999 . تأثير بعض العوامل البيئية ونشاط الإنسان في التنوع الحيوي للمرجانيات في خليج العقبة ، البحر الأحمر، مصر . مجلة البيئة والتنمية المستدامة 2(2) : 32-43.
- الديب ، محمد نور.1974. تلوث المياه بالمبيدات العضوية في " التلوث " جمال حسين السمرة (المحرر). صفحة 85-87 . المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم .
- الدباغ ، رياض حامد وعلي عبد الله حسن . 1999 . الاختيار الأمثل لموقع محطات تصفية المياه. مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة. 2 (1): 54-65.
- سعد، أديب 1999 . التأثيرات السلبية والإيجابية لتربية الأسماك في البيئة . مجلة البيئة والتنمية المستدامة 2(2) : 5 - 19.
- سعد ، أديب ومثقال سبيهي. 1999 . تأثير التلوث وتغيرات الظروف البيئية على توزيع الأسماك وتواجدها في مياه الساحل السوري . مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة . 2 (1) : 75-85.
- السعدي ، حسين علي 1993 . الإنتاجية الأولية للهائمات النباتية في الأنظمة البيئية في العراق . مجلة وادي الرافدين 8 (2) : 254-276.
- السعدي ، حسين علي 1994 . البيئة المائية في العراق ومصادر تلوثها . وقائع المؤتمر العربي للبحث العلمي ودورة في حماية البيئة من التلوث . تحرير حسين علي السعدي . الصفحة 59-88 . 26-28 أيلول 1993 . دمشق سوريا .
- السعدي ، حسين علي . 1994 . الإثراء الغذائي وواقعة في شط العرب جنوب العراق . وقائع المؤتمر العربي للبحث العلمي ودورة في حماية البيئة من التلوث .

تحرير حسين علي السعدي . الصفحة 171–191 ، 26–28 أيلول 1993 . دمشق سوريا .

- السعدي ، حسين علي. 2002. علم البيئة والتلوث. مطبعة جامعة بغداد. بغداد. 615 صفحة.
- السعدي ، حسين علي ونضال إدريس سليمان. الطحالب والآركيكونات.2002. مطبعة جامعة بغداد. بغداد. 648 صفحة.
- السعدي ، حسين علي ، وبهرام خضر مولود . 1991 . البيئة المائية العراقية في خدمة التنمية. مجلة كلية التربية للبنات ، جامعة بغداد . 2 : 8–11.
- السعدي ، حسين علي ، ورافع عبد المجيد هادي . 1987 . دراسة بيئية وتصنيفية للهائمات النباتية في الخليج العربي ، مجلة أبحاث علوم الحياة . بغداد. 18 (3) 7–31.
- السعدي . حسين علي وعلي عبد الزهرة اللامي وثائر إبراهيم قاسم . 1999. دراسة الخواص البيئية لأعالي نهري دجلة والفرات وعلاقتها بتنمية الثروة السمكية في العراق. مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة . 2 (2) : 20–31.
- السعدي . حسين علي وعلي عبد الزهرة اللامي وثائر إبراهيم قاسم. 2000. العوامل البيئية ودورها في تنمية الثروة السمكية في بحيرة القادسية، العراق. . مجلة كلية التربية للبنات ، جامعة بغداد. 11(2): 35–45.
- السعدي . حسين علي وعباس ناجي يلاسم. 2000. ملوثات المياه السطحية العراقية وتأثيرها في تنمية الثروة السمكية. مجلة ديالى. 8(1): 286–299.
- السعدي ، حسين علي ، وطه الدوري و حسين أحمد الأعظمي ، وبهرام خضر مولود . 1990 . واقع البيئة المائية في جنوب العراق . المؤتمر العلمي الحادي عشر لجمعية علوم الحياة العراقية . البصرة 27 شباط – 1 آذار 1990. (15) صفحة .
- السعدي ، حسين علي ، ونجم قمر الدهام وليث عبد الجليل الحصان . 1986 . علم البيئة المائية . مطبعة جامعة البصرة . البصرة. 538 صفحة .
- صالح، فؤاد حسن ومصطفى محمد ابو قرين . 1992 . تلوث البيئة أسبابه، أخطاره ومكافحته . دار الكتب الوطنية – بنغازي . 415 صفحة .
- الصحاف، مهدي. 1976. الموارد المائية في العراق وصيانتها من التلوث. منشورات وزارة الإعلام. بغداد . سلسلة الكتب الحديثة رقم 96.

- عبد الفتاح ، أحمد الطاهر . 1974. تلوث البيئة بالمواد المشعة في " التلوث ". جمال حسين السمرة (المحرر) صفحة 110–120. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم .
- علي ، أسامة أحمد . 1974. دراسة معملية على تلوث المياه الجوفية بالملوثات العضوية . في " التلوث ". جمال حسين السمرة (المحرر) صفحة 31–33. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم.
- العمر ، مثنى عبد الرزاق .1985. التلوث النفطي في الخليج العربي. مجلة بحوث علوم الحياة . 16 65–88 .
- كلور ، محمود عباس . 1973. البايولوجيا والبيئة وبرنامج الإنسان والمحيط . ندوة واقع علوم الحياة في الوطن العربي . بغداد 5–8 كانون أول 1983 .
- كولاس ، رينه . 1981. تلوث المياه . ترجمة محمد يعقوب . منشورات عويدات . بيروت .
- اللوس، سناء بشير ومحمد عادل الشيخ وقيس يامور منصور.1990. أساسيات علم الأسماك ، مطبعة دار الحكمة للطباعة والنشر. بغداد،(401) صفحة .
- محمد صالح ، طارق وقيصر نجيب صالح وعبد الهادي صالح السلطان (ترجمة) . 1980. مدخل إلى العلوم البيئية والتكنولوجيا . جامعة الموصل . تأليف ج. م. ماسترس.
- محمد ، مراد بابا مراد . 1983. الموارد الحياتية في الخليج العربي . ندوة واقع علوم الحياة في الوطن العربي . بغداد 5–8 كانون أول 1983 .
- المطلك ، صالح محمد .1976. تأثير الصناعة على تلوث المياه " تلوث البيئة في العراق " . صفحة 5–19. تقرير مقدم إلى المؤتمر العلمي الثالث لجمعية علوم الحياة العراقية. الموصل 3/30/ – 1976/4/3.
- المطلك ، صالح محمد .ويوسف علي حمدي.1976.التلوث البيئي " إبعاده وخطره " . التقرير العلمي رقم 9 . معهد بحوث الموارد الطبيعية . مؤسسة البحث العلمي . بغداد.
- الميالي، إيثار كامل وحسين علي السعدي وبهاء حسين معروف. 2000. الخواص اللمنولوجية لنهر ديالى وتأثيرها على نهر دجلة. وقائع المؤتمر الوطني الأول عن التلوث البيئة وحمايتها. الصفحة 463–468. بغداد.

- مولود ، بهرام خضر وحسين علي السعدي وحسين أحمد الأعظمي . 1990 . علم البيئة والتلوث العملي . مطبعة جامعة بغداد . بغداد. 248 صفحة .
- مولود ، بهرام خضر وحسين علي السعدي وحسين أحمد الأعظمي . 1991 . علم البيئة والتلوث . مطبعة جامعة بغداد . بغداد. 367 صفحة .
- مولود ، بهرام خضر وحسين علي السعدي وفوزي شناوه الزبيدي. 1992 ، علم البيئة ، جامعة بابل. الحلة . 540 صفحة .
- نعمان ، صلاح الدين محمد أمين وسندس محسن حسن بدير . 1999 . المعالجة الضوئية لتلوث المياه بالنفط . مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة . 2 (1) : 15−35.

المصادر الأجنبية

- Alberdel , D.F. 1972 factor combinations . In “Marine Ecology “ O .Kinne (editor) . Vol .1 (3) :1659-1722 . John Wiley and Sons Ltd .London .
- Al-Dabbagh , R.H. 1984 . The Variational Effects of Water Quality of Wadi Al- Fudha (Erbil –IRAQ) on theEnvironment International Sypmosium on Environmental Management for Developing Countries (envitek) Istanbul , Turkey (1984)
- Al-Dabbagh,R.H. 1995 .Desalination in arid regions., Proceeding, “The Sultanate of Oman International Conference on Water Resources Managemeent in Arid Countries” 2:639-649.
- Al-Dabbagh,R.H. 1995 .The effects of technology on environment . Journal, Earth & Environment, Jordan, 2:12-14.
- Al-Dabbagh, R.H, and M.A.S.Al-Dabbagh, 1983 .The regional effects of the effluents from the Mishraq sulphur mines in Iraq, on the hydrological system. Journal Hydrological Science , oxford, 28: 311-317.
- Al-Dabbagh, R.H. and M.A. Al- Dabbagh. 1991 .The environmental effects of waste water emanation from sulphur mining on water reecources. Water science and technology.24(11):181-187.
- Al-Dabbagh, R.H. and T.A. Mousa, 1996.The role of water resources in ensuring food security in the arab countries. Proceeding, the 4th Jordaian Economic Conference, Yarmouk University, May 1996.
- Al-Lami, A. A., H. A. Al-Saadi and T. I. Kassim. 1998. Limnological features of Qadisia lake, north-west Iraq. Al-Mustansiriya J. Sci. 9 (2) : 59-66.

- Al-Lami, A. A., H. A. Al-Saadi, T. I. Kassim and K. H. AL-Aubaidi. 1998. On the limnological features of Euphrates rivir, Iraq. J. Educ. Sci. 29 : 38-50.
- Al-Lami, A. A., H. A. Al-Saadi, A.A. Mekhlef and K.M. Mosa. 2002. Limnological features of Habbaniya lake, Iraq. J. Coll. Educ. For Women, Univ. Baghdad. 13(2): 339-344.
- Al-Lami, A. A., H. A. Al-Saadi, A.A. Al-Dulymi and R.S. Rasheed. 2002. Limnological features of Hemren reservoir, Iraq. J. Coll. Educ. For Women, Univ. Baghdad. 13(3): 588-592.
- Allan, J.D.1995. Stream Ecology, Structure and Function of Running Waters. Chapman and Hall. London.
- Al-Mousawi, A. H., H. A. Al-Saadi and R. A. M. Hadi. 1986. A comparative study on the phytoplankton of shatt AL-Arab estuary up and downstream Basrah City Centre, Iraq. Bull. Basrah Nat. Hist. 6 : 45-63.
- Al-Mousawi , A. H. H. A. Al-Saadi and F. M. Hassan. 1994. Spatial and seasonl variations of phytoplankton populations and relaed environments in Al-Hammar marsh, Iraq. Bas. J. Sci. 12 (1) : 9-20.
- Al-Saadi, H. A., T.Y. Al-Edany and J.D. Neama. 1996. On the distribution and ecology of aquatic piants in the Shatt al-Arab rivir Iraq. Marina Mesopotamica 11 (1) : 49-62.
- Al-Saadi, H. A. and A.A Al-Lami 1992. Seasonal variation of phytoplankton in some marsh areas in southem Iraq. J. Coll. Educ. For Women, Univ. Baghdad. 3 : 56-61.
- Al-Saadi, H. A. and A. H. Al-Mousawi. 1988. Some notes on the ecology of aquatic plants in AL-Hammar marsh, Iraq. Vegetatio 75 : 131-133.

- Al-Saadi, H.A., A. A. Al-Lami and T. I. Kassim. 1996. On algal ecology and composition in Gamat Ali River, Iraq. Regulated Rivers 12 (1) : 27-38.
- Al-Saadi, H. A., A. H. Al-Mousawi and M. J. Aarajy. 1993. Physico-chemical features of Al-Hammar marsh, Iraq. J. Coll. Educ. For Women, Univ. Baghdad. 4 : 35-40.
- Al–Saadi ,H.A.and S.E. Anotoine. 1981 Primary productivity and phtoplankton population dynamics of polluted Ashar canal and Shatt aL-Arab, Basrah , Iraq.Vern . Internat .Verein. Limnol . 21 : 880-885 .
- Al-Saadi, H. A. and S. E. Antoine 1981. Primary productivity and phytoplankton population dynamics in polluted Ashar canal and Shatt al-Arab, Basrah, Iraq. Vem. Internat. Verein. Limnol. 21 : 880-885.
- Al-Saadi, H. A., S. E. Antoine, and A. K. M. Nural Islam. 1981. Limnological investigations in Al-Hammar Marsh area in southern Iraq . Nova Hedwigia. 32 : 157-166.
- Al–Saadi, H.A,E.A. Arndt. 1973. Some Investigations about the hyder graphical situation in the lower reaches of Shatt aL-Arab and the Arabian Gulf .Wiss .Ztschr .Univ . Rostock . Math – nat .Riehe .22: 1169 –1174
- Al–Saadi ,H.A.,E.A. Arndt and N.A Hussain .1975 .A preliminary report on the basic hydrographical data in the Shatt al – Arab estuary and Arabinan Gulf . Wiss .Ztschr. Univ . Rostock . Math –nat . Riehe .24:797-802.
- Al-Saadi, H.A. Hadi and M.F. Huq. 1976. Preliminary studies on phytoplankton of North-West Gulf. I. Related environmental factors, chlorophll content and phytoplankton species. Bangladesh. J. Bot. 5 : 9-21.

- Al-Saadi, H., H. Pankow and M. F. Huq. 1979$_a$. Algological investigations in the polluted Ashar canal and Shatt al-Arab in Basrah (Iraq). Int. Rev. ges. Hydrobiol. 64 : 527-540.
- Al-Saadi, H. A. S. S. Rattan, T. W, Muhsin and H. A. Hameed 1979$_b$. Possible relation between phytoplankton number and saprolegnioid fungi in Shatt al-Arab, Basrah, Iraq. Hydrobiologia 63 (1) : 57-62.
- Al-Saadi, H. A., M. A. H. Saad, R. A. Hadi and N. A. Hussain. 1977. Further investigations on some environmental characteristics of north-west Arab Gulf. Indian National Science Academy Proceeding, Part A, Physical Sciences. 43 : 183-192.
- Al-Saadi, H. A. R. A. M. Hadi and A. A. Al-Lami. 1999. A limnological studies on some marsh areas in southem Iraq. J. Coll. Educ. For Women, Univ. Baghdad.10(1):264-271 .
- Al-Saadi, H. A., R. A. M. Hadi, U. Schiewer and A. H. Al-Mousawi. 1989. On the influence of the sewage drainage from Basrah city on the phytoplankton and selected nutrients in the Shatt Al-Arab estuary, Iraq. Arch Hydrobiol. 114 (3) : 443-452.
- Al-Saadi, H. A., N. A. Hussain and S.A. Al-Issa. 1989. Ecological effects of polluted Khandak canal on Shatt Al-Arab estuary at Basrah, Iraq. I. Physico-chemical parameters. J. Ibn Al-Haitham Pure and App. Sci. (1) 57-66.
- Al-Saadi H.A.,N.A, Hussain, and S. A. Al-Issa 1993. Ecological effects of polluted khandak canal on Shatt Al-Arab estuary at Basrah, Iraq. II. Phytoplankton populaation and eutrophication. Iraq. Biol. J. Sci. 12 : 37-46.

- Al-Saadi H.A., A.M. Ismail and H.A. Saadalla. 2000. State of heavy metals in Diyala river and nearby aquatic systems. J. Coll. Educ. For Women, Univ. Baghdad. 11(1): 194-202.
- Al-Saadi H.A., A.A. Al-Tamimi and A.A. Al-Ghafily. 2000. Effect of Karbala drainage canal on ecological characters of Razzazah lake, Iraq. Diyala J. 7:1-14.
- Al-Saadi H.A., A.A. Al-Lami and M.A. Jafer. 2000. Limnological characters of Al-Adaim river and their effects on Tigris river, Iraq. Proceeding of 1st National Conference on Environmental Pollution and its Protection. pp. 46-57. Baghdad.
- Al-Saadi H.A., N.A. Sulaiman and A.M. Ismail. 2001. On some limnological characters of three lotic water systems, middle of Iraq. J. Ibn Al-Haithem for Pure and Applied Sciences. 14(3): 15-23.
- Al-Saadi H.A., A.A. Al-Lami and A.A Al-Delymi. 2001. Physico-chemical properties among water column in Habbaniya lake, Iraq. J. Ibn Al-Haithem for Pure and Applied Sciences. 14(4C): 21-33.
- Al-Saadi H.A. 2001. Ecological status of phytoplankton in the north-west Arabian Gulf during the seventies. Marina Mesopotamica. 16(2): 157-168.
- Al-Saadi H.A., A.A. Al-Lami, F.A. Hassan and A.A, Al-Dulymi. 2002. Heavy metals in water, suspended particles, sediment and aquatic plants of Habbaniya lake, Iraq. Intern. J. Environ. Studies. 59(5): 589-598.
- Al-Saadi , H.A., T.I. Kassim , A.A. AL-Lami and S.K. Salman. 2000 . Spatial and seasonal vaariations of

phytoplankton population in the upper region of Euphrates river . Limnologica 30:83-90 .

- Al-Saadi, H.A., H.A. Saadalla and T.H. Al-Noor. 1994. On the spatial and seasonal variations in heavy metals of Razzazah lake, Iraq. Intem. J. Enviromental Studies. 48. 41-47.
- Al-Saadi, H.A., E.K. Al-Mayaly and D.M. Hussain. 2002. Heavy metals in Diyala and Tigris rivers, southern Baghdad city, Iraq. J. Al-Qadisiyia - Pure Sciences 7(2): 52-58.
- Ambasht, R. S. and P. K. Ambasht. 1992. 2nd Ed. Environment and Pollution. Stdents Friends Co. Lanka.
- Anderson, J.M.1981.Ecology for Environmental Sciences. Edward Arnold . London .
- Angel, M.V. 1996. Waste disposal in the deep ocean. In Summerhayes, C.P. & S.A. Thorep (eds). Oceanography : an Illustrated Guide, pp. 338-345. Manson, London.
- Anon .1978 . Pollution in the Marine Environment .Unesco. Paris.
- Antoine, S. E. and H. A. Al-Saadi. 1982. Limnological studies on polluted Ashar canal and Shatt al-Arab at Basrah (Iraq) Int. Rev. ges. Hydrobiol. 67 (3) : 405-418.
- Arndt ,E.A.and H.A . Al-Saadi. 1975 .Some hydrographical characteristics of the Shatt al –Arab and adjacent areas .Wiss. Ztschr . Univ . Rostock .Math – nat . Riehe . 24 :789 – 796 .
- Bardach. J.E., J.H Ryther and W.O Mclarney.1972. Aquacultue .Wiley – Interscience . New York .
- Begon , M. and M. Mortimer.1981 . Population Ecology : A Unified Study of Animals and Plants . Blackwell . Oxford .

- Begon, M.,J.L. Harper and C.R. Townsevd. 1986. Ecology. Individuals, Populations and Communities. Blackwell Sci Publ. Oxford.
- Begon, M.,J.L. Harper and C.R. Townsevd. 1996. Ecology. 3rd Ed. B;ackwell
- Sci Publ. Oxford .
- Benton ,A.H. and W.E. Werner Jr. 1974 . Field Biology and Ecology . 3 rd Ed .McGraw –Hill Co. London .
- Blaxter , J.H.S. 1970 . Light :Animals (fishes). In “Marine Ecology “ .O . Kinne (Editor).Vol .l(1):213-275. Wiley – Intersclens . London .
- Boney ,A.D 1975 Phytoplankton .Edward Arnold .London .
- Brown , A.L.1971 .Ecology of Fresh Water .Heinemann .Educational book . London .
- Brown , V.M. 1975. In “ River Ecology ”.B.A.Whitton (Editor).pp.199 - 229 . Blackwell Scientific Publ.Oxford.
- Burrows,I.G. and B.A. Whitton. 1983 Heavy metals in water, sediments and invertebrates from a metal-contaminated river free of orginic pollution. Hydrobiologia.106:263-273.
- Cameron, W.M. and D.W. Pritchard. 1975. Estuaries. In “The See II”. M.N. Hill (Editor). pp.306-324.John Wiley & Sons.New York.
- Carrick , H.J , F.J. Aldridge and C.L. Schelske .1993 . Wind influences phytoplankton biomass and composition in a shallow , productive lake . Limnology and Oceanography . 38:1179 –1192.
- Chapman, J.L. and M.J. Reiss . 1992 . Ecology , Principles and Applications. Cambridge University Press . Cambridge.

- Chatterjee, A. K. 1994. Water Supply, Waste Disposal and Environmental Pollution Engineering. Khanna Publisers. Delhi.
- Chipman,W.A.1972 Ionizing Radiation.In “Marine Ecology” .O.Kinne (Editor) .Vol.1(3):1579-1657. John Wiley & Sons Ltd.London.
- Clark, R.B. 1997. Marine Pollution. 4th Edition. Oxford University Press. Oxford.
- Cole, G.A. 1983. 3rd Edition. Textbook of Limnology. The c.v. Mosby Comp. St. Louis.
- Cooper,E.L.(Ed.). 1967. A Symposium on Water Quality Criteria to Protect Aquatic Life. Amer.Fish.Soc.Sp.Publ.No.4.
- Cordone,A.J. and D.W. Kelley.1961. The influences of inorganic sediments on the aquatic life of streams. Calif.Fish.Game.47:189-228.
- Cummins, K.W ., C.E.Cushing and GW. Minshall. 1995. Indroduction : an overview of stream ecosystems. In Cushing, C.E., K.W. Cummins and G.W. Minshall (eds.). River and Stream Ecosystems. Ecosystems of the World. 22: 1-8. Elsevier. Amsterdam.
- Davis, R.A.(Jr.).1977. Principles of Oceanography . 2nd Ed .Addision –Wesley Publ .Comp.Inc.Phillppines .
- Dayton, P.K., S.F. Thrush, M.T.Agardy and R.J. Hofman. 1995. Environmental effects of marine fishing. Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Environment 5 : 205-232.

- Descy ,J-P.and A. Empain .1984 .Meuse .In “Ecology of European Rivers” .B.A.Whitton (Editor).pp.1-23 Blackwell Sci.Publ .Oxford.
- Dobson, M.and C.Frid. 1998. Ecology of Aquatic Systems. Addison Wesley Longman Limited. Essex.
- Fairbridge , R.W.1966. Encyclopedia of Oceanography . Down , Hutchinson & of Ross .Stroudsburg , Penselvania.
- Feder ,H.M.1966 .Cleaning Symbiosis in the Marine environment . In “Symbiosis” .M.S. Henry (Editor).Vol .1.Academic Press .New York .
- Flohn ,H.1966. Energy budget of the earth’s surface . In “Encyclopedia of Oceanography, Encyclopedia of Earth science Series” . R .W . Fairbridge (Editor).Vol .1: 250-256. Down , Hutchinson &Ross .Stroudsburg , Penselvania.
- Galston ,A.W.,P.J.Davies and R.L. Satter .1980. The life of the Green plant . 3 rd Ed. Prentice – Hall ,Inc .Eglewood Cliffs . New Jersey .
- Gerlach ,S.A.1972. Sabstratum :General Introduction . In (Marine Ecology) O.Kinne (Editor).Vol .1(3):1245-1250 . John Wiley & Sons Ltd .London .
- Gibert, J.,D.L.Danielopol and J.A.Stanford (eds.).1994. Groundwater Ecology .Academic press . London .
- Giller,P.S.,A.G.Hildrew and D.G. Raffaelli(Eds.) 1994. Aquatic Ecology. Blackwell Sci-publ. Oxford.
- Goldman ,C.R.and A.J. Horne .1983 .Limnology .McGraw – Hill Book Comp. New York .
- Golterman ,H.L. 1972 .ChemIstry .In ((River Ecology .)) B.A.Whitton (Editor) . Blackwell Sci .Publ .Oxford .

- Gordon , N.D.,T.A. McMahon and B.L. Finlayson . 1992. Stream Hydrology, an Indroduction for Ecologists. John Wiley . Sons . Chichester.
- Graham, J.M. 1995. Phsioloical responses to temperature and irradiance in *Spirogyra* (Zegematles, Charophyceae). J. Phycol. 31: 531-542.
- Gunkel ,W.1970 .Light :Bacteria ,Fungi and Blue –Green algae .In ((Marine Ecology)) O.Kinne (Editor).Vol .l(1):103-124.wiley –Interscience .London .
- Gunkel ,W. 1972 .Oraganic Substances :Bacteria ,fungi and blue –green algae.In((Marine Ecology)).O.Kinne (Editor). Vol 1(3):1533 –1549.John Wiley &Sons ltd .London .
- Hadi, R. A. and H. A. Al-Saadi. 1977. Preliminary studies on some major nutrients in the north-west Arab Gulf. The Arab Gulf 8 : 23-29.
- Hall, D.O and K.K. Rao. 1994. 5thEd. Photosynthesis. Cambridge Univ. Press. New York.
- Harrison, R. M. 1990. Pollution : Causes, Effeets and Control. The Royal Society of Chemistry. Cambridge.
- Hassan, F.M., H.A. Al-Saadi and A.A. Mohamed. 2001. On the ecological features of Razzazah lake, Iraq. National J. Chemistry 4:549-565.
- Hasting, A. 1997. Population Biology: Concepts and Models. Springer-Verlag, New York.
- Hellebust ,J.A.1970.Light :Plants .In ((Marine Ecology)). O.Kinne(Editor). Vol 1(1):125-158.Willy-Interscience .London .
- Holdgat ,M.W.1979.A Prospective of Environmental Pollution .Cambridge Univ .Press .Cambridge .

- Huq, M. F. H. A. Al-Saadi and R. A. Hadi. 1978. Preliminary studies on the Primary production of north-west Arab Gulf during post monsoon period. J. Oceangr. Soc. Japan. 34. (2) : 78-80.
- Huffaker, C.b. and R.L. Rabb (Editors). 1984. Ecological Entomology. John Wiley and Sons. New York
- Huq, M. F., H. A. Al-Saadi and H. A. Hameed. 1978. Phytoplankton ecology of Shatt al-Arab river at Basrah, Iraq. Vem. Internat. Verein. Limnol. 20 : 1552-1556.
- Huq, M. F., H. A. Al-Saadi and H. A. Hameed 1981. Studies on the primary productivity of the river Shatt al-Arab At Basrah, Iraq. Hydrobiologia. 77 : 25-29.
- Huq. M. F., R. A. Hadi and H. A. Al-Saadi. 1977. Preliminary studies on the phytoplankton of north-west Arab Gulf. II. Phytoplankton population dynamics. Bangladesh J. Bot. 6 : 109-121.
- Hutchinson , G . E . 1957 . Atreatise on Limnology , Geography , Physics and Chemistry .Vol.I.John Welley ,NewYork .
- Hynes ,H.B.N. 1970.The Ecology of Runing Waters. Liverpool University Press . Liverpool.
- Isaacs , J.D.1969.The nature of oceanic life .Sci.Amer .22:146-162.
- Jones, R.I., J.M. Young, A.M. Hartley and A.E. Bailey – Watts. 1996. Light limitation of phytoplankton development in an oligotrophic lake – Loch Ness, Scotland. Freshwater Biology. 35 : 533 – 543.

- Joyner ,T.1971.Resource Explotation –Living .In (Impingement of Man on the Oceans.) D.W.Hood (Editor).Weily Inter Science.NewYork.
- Kalle, K.1972.Dissolved Gases :General Introduction .In ((Marine Ecology.)) O.Kinne (Editor) Vol.1(3) :1451-1457.John Wiley & Sons.ltd .London.
- Kassim, T.I., H.A. Al-Saadi, A.A. Al-Lami and S. M. Abood. 1995. Seasonal and spatial variations of epipelic and epilihic algea in Qadisia laka, Iraq. Basrah J. Sci. 13 (1) : 1-10.
- Kassim, T. I., H. A. Al-Saadi, A. A. Al-Lami and H. H. Al-Jaberi. 1997. Heavy metals in water, suspended particles, sediment and aquatic plants of the upper region of Euphrates river, Iraq. J. Environ. Sci. Health. A32 (9&10): 2497-2506.
- Katyal, T. and M. Satake. 1993. Environmental Pollution. Anmol Publ. New Delbi.
- Kawecka ,B.and B.Szczesny.1984.Dunajec.In (Ecology of European River.) B.A.Whitton (Editor).PP.499-525.Blackwell Scientific Publ.Oxford .
- Ketchum, B.H.1983. Estuaries and Enclosed Seas .Elsevier Scientific Publ . Co. Amsterdam.
- Kinne ,O.(Ed)1970. Marine Ecology .Vol .l(1): Environmental Factors . Wiley Interscience . London .
- Kinne ,O.(Ed)1972. Marine Ecology .Vol .l(3): Environmental Factors .John Wiley & Sons ltd . London .
- Kinne,O.(Ed)1972 .Pressure In ((MarineEcology)).O.Kinne (Editor).Vol . l(3): 1323 -1450 . John Wiley & Sons ltd . London .

- Kiorboe, T.1993. Turbulence, phytoplankton cell size and the structure of pelagic food webs. Advanced in Marine Biology. 29: 1-72.
- Kumar, H.D. 1992. 7th.Ed. Modern Concepts of Ecology. Vikas Publ. House PVT LTD New Delhi.
- Laili, C.M. and T.R. Parsons. 1993. Biological Oceanography : an Indroduction. Butterworth – Heinemann. Oxford.
- Lambers, H., P.S. Chapin and T, Pons. 1998. Plant Physiological Ecology. Springer-Verlag, New York, Inc.
- Lang, G. and L.Schluchter (Eds.) 1988. Lake, Mire and River Environment during the last 1500 Years. A.A. Balkema Publ. Rotterdam.
- Lagler, K.F., J.E.Bardach and R.R.Miller. 1962. Icthyology: The Study of Fishes. John Wiley & Sons Ltd. London.
- Lawlot, D.W. 1993. 2nd Ed. Photosystesis: Molecular, Physiolgical and Environmental Processes. Longman Group Limited. London.
- Levinton, J.S.1995. Marine Biology: Function, Biodiversity and Ecology. Oxford University Press. Oxford.
- Lieth ,H.1975.Global productivity in ecosystems :Comparative analysis of globlal patterns .In ((Unifying Concepts in Ecology .))W.H.van Dobben and R.W.Lowe – McConnell (Editors).pp.67-88.W.Junk .Hague .
- Lobban, C.S. and P.J. Harrison. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge Univ. Press. New York.
- Lund ,H.P.1971 .Industiral Pollution Control Handbook .McGraw Hill Book Co.NewYork .
- Macan ,T.T.1974. Freshwater Ecology .Longman Group Limited.London .

- Mackenzie, A.,A.S. Ball and S.R. K. Virdeo. 1998. Instant Notes in Ecology. Spriger-Verlag, New York, Inc.
- Maitland, P.S.1978. Biology of Fresh Water .Blacke &Son Limited.Glasgow.
- Mann,K.H.1973 Seaweeds :Their productivity and strategy for growth. Science .182 :975-981.
- Martin ,E.A.(ed) .1976 .A Dictionary of Life Science .MaCmilian .London.
- Mason,C.F.1981.Biology of Freshwater Pollution .Longman Group Limited . London.
- Mason, C.F. 1996. Biology of Freshwater Pollution . 3rd Edition. Longman Group Limited. London.
- Maulood, B. K., H.A. Al-Saadi, and R. A. Hadi, 1993. A limnological studies on Tigris, Euphrates and Shatt Al-Arab, Iraq. Mu'tah J. for Research and Studies. 8 (3) : 53-67.
- Maulood, B. K., G. C. F. Hinton, B. A. Whitton and H. A. Al-Saadi 1981. On the algal ecology of the lowland Iraq marshes. Hydobiologia 80 : 269-276.
- Mclusley ,D.S.1971.Ecology of Estuaries .Heinemann Educational Book ltd . London .
- Meadows,P.S.and J.I.Campbell .1978 .An Introduction to Marine Science . Blackwell Sci. Publ.London .
- Mellanby ,K.1980.The Biology of Pollution .2 nd Ed .Studies in Biology no .38.The Camelot Press Ltd .Southampton .
- Miller, T. 1975. Living in the Environment, Concepts, Problems and Alternatives. Wadsworth Publ. Company Inc. Belmont, California.
- Mills,D.H.1972. An Introduction to Fresh water Ecology .Oliver & Boyd . Edinburgh .

- Milner, A. M. and M. W. Oswood (Eds.) 1997. Freswaters of Alaska. Ecological Synthesis. Ecological Studies 119. Springer-Verlag, New York, Inc.
- Morgan, M.D., J.M. Moran and J.H.Wiersma. 1993. Environmental Science, Managing Biological Resources. Volume II. Wm. C. Brown Publishers. Oxford.
- Morgan, M.D., J.M. Moran and J.H. Wiersma. 1993. Environmental Science, Managing physical Resources. Volume III. Wm.C. Brown Publishers. Oxford.
- Nielson, A. 1950. The torrestial invertebrate fauna. Oikos. 2: 176-196.
- Nybakken, J.W. 1982. Marine Biology: An Ecological Approach. Harper and Row Publishers, New York.
- Odum ,E.P.1967.Man and the land scape ,a review of (waste managemant and control .) Nat.Acad .Sci .Publ.1400.Scientist and Citizen 9:91-114.
- Odum,E.P.1971.Fundamentals of Ecology .3rd Ed .W.B. Saunders . Co.London.
- Odum, E.P. 1975. Ecology. Holt, Rinehart and Winston. New York.
- Odum,H.T.1957.Trophic Structure and Productivity of Silver Springs , Florida . Ecol .Monographs .27 :55-112.
- Perkins ,E.J.1974 . The Biology of Estuaries and Coastal Waters .Academic Press . London .
- Oneal, S.W. and C.A. Lembi. 1995. Temperature and irradiance effect on growth of Pithophora oedogonia and Spirogyra sp.(Chlorophyceae). J. Phycol. 31:720-726.
- Postgate ,J.R.and S. Hill 1979 . Nitrogen fixation In (microbial Ecology : A Concepyual Approach).J.M.Lynch

and N.J.poole (Editor).pp .191 –213. Blackwell Sci .Publ.Oxford .

- Raffaelli, D.G. and S. Hawkins. 1996. Intertidal Ecology. Chapman and Hall. London.
- Rai , L. C., J. P. Gaur and C. J. Soeder. 1994 . Algae and water Pollution . Heft. 42. Advances in Limnology. E. Schweizerbart́sche Verlagsbuch handlug. Stuttgaet.
- Reid ,G.M.1961.Ecology of Inland Waters and Estuaries .Reinhod.
- Reifsnyder ,W.E and H.W.Luli .1965 .Radiant Energy in relation to Forests . Tech .Bull .No.1344.U.S. Dept .of Agriculture .
- Reynolds, C. S. and Y. Watanabe (Eds.). 1992. Vertical Structure in Aqnatic Environments and its Trophic Linkage and Nutrient Fluxes. Heft 35. Advances in Limnology E. Schweizerbart́sche Verlagsbuch handlug. Stuttgart.
- Ricklefs, R.E.1980 Ecology .2 nd Ed .Nelson .Middlesex.
- Rucker ,J.B.1969 .Physics of the sea .In ((Exploring the Ocean World)) . C.P.Idyll (Editor).pp.62-97.Thomas Y.Crowell Comp.NewYork .
- Ruttner ,F.1963.Fundamentals of Limnology .3 rd Ed .University of Toronto Press .Toronto.
- Ryther,J.H.1969.Photosynthesis and fish Production in the sea .Science .166: 72-76.
- Saadalla, H.A.,A.M. Ismail and H.A. Al-Saadi . 1999. On phytoplankton composition in Khasa – Su river, Iraq. J. Diala 1(6): 32-42 .
- Sanders ,H.L.1968.Marine benthic diversity :A comparative study.Amer Nat.102 :243-282.

- Sas, H. 1989. Lake Restoration by Reduction of Nutrient Loading. Expectaions, Experiences, Extrapolation : Academic Verlag. Richarz. pp. 497.
- Schiewer ,U.,H.A.Al-Saadi and H.A.Hameed .1982 .On diel rhythm of phytoplankton productivity in Shatt al-Arab at Basrah ,Iraq .Arch .Hydrobiol . 93 :158-72.
- Schulze, E.-D. and M. M. Caldwell (Eds.). 1994. Ecophysiology of photosynthesis . Springer-Verlag. Berlin. pp. 571. Ecological Studies Vol.100 Analysis and Synthesis.
- Segal ,E.1970.Light: Animals (invertebrates). In ((Marine Ecology)) O.Kinne (Editor) .Vol.l(1): 159-211.Wiley – Interscience .London .
- Straskrabara, V. and J. F. Talling (Eds.). 1994. Proceeding of the Second Internotional Conference on Reservior Limnology and Water Quality. Heft 40. Advances in Limnology. E. Schweizerbart´sche Verlagsbuch handling. Stuttgart.
- Strickland,J.D.H.1960 .Measuring the Production of Marine Phytoplankton. Bull .Fish .Res .Bd.Can .122.
- Studenetsky,S.1983 .The Ocean and food .Moscow News Weekly . No.28.Science and Engineering News .
- Tait ,R.V.1972.Elements of Marine Ecology :An Interoductory Course .2nd Ed . Butter worths .London .
- Tessier, A. and A. R. Turner (Eds.). 1995. Metal Speciation and Bioavailabity in Aquatic Systems. John Wiley & Sons, New York.
- Thurman ,H.V.and H.H.Webber .1984 ,Marine Biology .Charles E.Merril Publ . Comp .Columbus , Ohio .

- Trivedi, R.N. 1993. A Textbook of Enviromental Sciences. Anmol Publ. ,New Delhi.
- UNESCO.1975 .International workshop on Marine Pollution in the Mediterranean .Monte-Cario .Sept .9-14,1974 .Report of the IOC/ ICSEM . Workshop report No .3.
- UNESCO.1976.International workshop on Marine pollution in the Caribbean and Adjacent Regions. Port of spain , Trinidad. Dec.13-17, 1976. Report of the IOC/FAO/UNEP. Workshop report No. 11.
- UNESCO. 1978. Global Marine Pollution: An Overview. IOC Technical Series no. 18.
- UNFAO. 1971. Agricultural commodity Projections, 1970-1980.ccp 71 /20 . Rome .
- Vallentyne, J.R.1972. Freshwater supplies and pollution : Effects of the demophoric explosion on water and man . In "The Environmental Future". N. Polunin (Editor). pp. 181-211. Macmillan Press Ltd..London.
- Watt, K.E.F. 1968. Ecology and Resource Management. McGraw-Hill. New York.
- Weatherley, A.H. 1972. Growth and Ecology of Fish Population . Academic Press.London.
- Weisberg, J. and H. Parish. 1974. Introductory Oceanography. McGraw Hill Book Comp. New york.
- Wetzel, R. G. 1975 . Primary Production. In "River Ecology." B. A. Whitton (Editor).pp.230-247.Blackwell Scientific Publ. Oxford.
- Wetzel, R.G. 1983. Limnology. 2 nd Ed. CDS College Publ. Philadelphia.

- Wetzel, R. G. and G. E. Likens. 1991. 2nd Ed. Limnological Analysis. Springer-Verlag, New York, Inc.
- Whittaker, R. H. 1975. Communities and Ecosystems. 2 nd Ed. Mackillan Publ. Co. Inc. New York.
- Whitton, B.A. 1979. Plants as indicators of river water quality. In “Biological Indicators of Water Quality.”A. James (Editor). John Wiley and Son. London.
- Wilber, C.G. 1971. Turbidity: General Introduction. In “Marine Ecology.” O.Kinne (Editor). Vol 1(2): 1157-1165. John Wiley&Sons Ltd. London.
- Wolff, T. 1977. Diversity and faunal composition of the deep-sea benthos. Nature 267: 780-785.
- World Resources Institute. 1992. World Resources 1992 – 93. Oxford University Press. Oxford.
- Yentsch, C. S. 1965. Distrubution of chlorophll and phaeophytin in the open ocean. Dep. Sea Res. 12: 653-666.
- Yentsch, C. S. 1965. The relationship between chlorophyll and photosynthetic carbon production with referrence to the measurement of decomposition products of chloroplast pigments. Memorie 1 st . ital. Idrobiol. 18 (Suppl.) : 323-346.
- Yentsch, C. S. and J. H. Ryther. 1957. Short-term variations in phytoplankton chlorophyll and their signiflcance. Limnol. Oceanogr.2:140-142.